

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Механіко-машинобудівний інститут**

**Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А.Пасічник  
(підпис)

“    ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки -

**133 Галузеве машинобудування**  
(код і назва)

на тему: Різець модульний з механічним кріпленням твердосплавних пластини

---

Виконав (-ла): студент (-ка) \_3\_ курсу, групи \_\_\_\_\_ МІ - пб1\_\_\_\_  
(шифр групи)

Косянчук Владислав Валентинович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник асистент к.т.н. Джулій Д.Ю. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість листів	Примітка	
1	A4				Завдання на дипломний проект	2		
2	A4				Пояснювальна записка			
3								
4	A1				Синтез конструкції модульних різців	1		
5	A1				Складальне креслення	1		
6	A1				Графічне зображення технологічного процесу	1		
7	A1				Пристосування	1		
8	A1				Візуалізація обробки на верстаті з ЧПК	1		
9	A1				Аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструменту			
					</			



## **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Київ – 20\_\_ року

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) Механіко-машинобудівний


Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 В.А.Пасічник  
(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Косишук Владислав Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Різець модульний з механічними кріпленнями твёрдосплавних пластин

керівник проекту Дисулій Дмитро Юрійович к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту 30.05.2019

3. Вихідні дані до проекту Різець призначений для оброблення зовнішніх, торцевих поверхонь та товщини попереткових канавок на сталевих заготовках

4. Зміст пояснювальної записки Аналіз конструкцій модульних різців. Аналіз схеми закріплення твёрдосплавних пластин в картреждгах. Технологія процесу виготовлення інструменту. Розроблення приполювання для затримання назу для кріплення пластин. Визначення установочних параметрів пластин в картреждгах. Аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструменту.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Синтез конструкцій модульного різця. Робота креслення державки з-х картриджів, складання креслення та 3D-модель. Представлення окремих операцій технологічного процесу виготовлення державки та картриджів. Визначення установочних параметрів пластин в картреждгах.

*Пристосування Аналіз напружено-деформованого стану при роботі різця*

6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

*7.03.2019*

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	<i>Аналіз конструкцій модульних різців</i>	<i>20.03.19</i>	
2	<i>Аналіз схем закріплення твердосплавних пластин в картриджі</i>	<i>03.04.19</i>	
3	<i>Технологія процесу виготовлення інструменту</i>	<i>17.04.19</i>	
4	<i>Розроблення пристосування для пресування пазу для кріплення пластин</i>	<i>01.05.19</i>	
5	<i>Розрахунок убікостей параметрів пластин в картриджах</i>	<i>15.05.19</i>	
6	<i>Аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструменту</i>	<i>29.05.19</i>	

Студент

*Kozantuk*  
(підпис)

*Козанчук В.В.*  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

*Д.Ю. Диміс*  
(підпис)

*Д.Ю. Диміс*  
(ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.А.Пасічник  
Від "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2018 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Різець модульний з механічним кріпленням твердосплавних пластин.
Зміст проекту	Розробити конструкцію та технологію виготовлення модульного різця
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Матеріал деталі — Сталь 45</li><li>2) Параметри оброблюваної деталі:<ul style="list-style-type: none"><li>- <math>\varnothing 100</math> <math>h_7-h_8</math>, <math>R_a 1,25</math></li><li>- ширина канавок 5 мм, глибина 6 мм.</li></ul></li><li>3) Кількість картриджів — 3;</li><li>4) Матеріал державки та картриджів Сталь 40Х;</li><li>5) Механічне кріплення пластин в картриджі.</li><li>6) Внутрішнє підведення МОР терез вісь державки.</li></ol>
Особливі вимоги	

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Синтез конструкції модульного різця - схеми кріплення картриджів до державки - схеми кріплення пластин - схеми підведення МОР
ОП	1) Робота креслення державки 2) Робота креслення 3-х картриджів 3) Складальне креслення 4) 3D-модель
ТС	Ескіз технологічної операції: - твіння державки - шліфування державки - фрезерування картриджів - свердління
СК	Адаптація для фрезерування на- зів для встановлення пластин в картре- джі
СП	Визначення установчих параметрів пла- стин в картриджах
НУ	Аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструменту.
Студент <u>Ковалчук В.В.</u> <i>KS</i> дата <u>"7" 03</u> 2019 р. Викладач <u>Джуніс Д.Ю.</u> <i>DM</i> дата <u>"7" 03</u> 2019 р.	

Прийняті позначення:

СП – стан питання.  
ОП – об'єкт проектування.  
ТС – технологічна складова.

КС – конструкторська складова.  
СП – спеціальна складова.  
НУ – наукова складова.



## Анотація

Ціллю даного дипломного проекту було розроблення модульного різця з механічним кріпленням твердосплавних пластин.

Модульні різці дають можливість при відносно малій номенклатурі інструменту створити величезну кількість комбінацій, що дозволяє використовувати загальні інструментальні системи на всьому підприємстві, незалежно від інтерфейсу верстата.

Модульний різець складається із державки та змінних картриджів з механічним кріпленням твердосплавних пластин. Закріплення картриджів до державки проводиться за допомогою гвинтів і установчих пазів які дають можливість для кращого базування і жорсткості конструкції.

Для виконання даного завдання потрібно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих модульних різців;
2. Вибрати заготовку;
3. Розробити технологічний процес по виготовленню розробляемого інструменту;
4. Розрахувати припуски під обробку;
5. Розрахувати режими різання;
6. Підібрати і модефікувати пристосування для виготовлення інструменту;
7. Розроблення керуючої програми для виготовлення інструмента;
8. Дослідити напруження на інструмент при його роботі.

Ключові слова: модульний різець, державка, картридж, механічне кріплення пластин, жорсткість, базування, технологічний процес , режими різання.

						Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Annotation

The purpose of this diploma project was to develop a module cutter with mechanical fastening of carbide plates.

Modular scissors allow a huge number of combinations to be created in a relatively small range of tools, enabling the use of common instrumental systems throughout the enterprise, regardless of the machine interface.

Modular cutter consists of a holder and replaceable cartridges with mechanical fastening of carbide plates. Fixing the cartridges to the holder is carried out with the help of screws and mounting grooves which provide an opportunity for better mounting and rigidity of the design.

To accomplish this task you need to solve the following tasks:

1. Conduct an analysis of existing modular incisors;
2. Select the workpiece;
3. Develop a technological process for the development of a tool to be developed;
4. Calculate allowances for processing;
5. Calculate the cutting modes;
6. To select and modify devices for making the tool;
7. Development of a management program for making the tool;
8. Investigate the stress on the tool during its operation.

Keywords: module cutter, holder, cartridge, mechanical fastening of plates, stiffness, base, technological process, cutting modes.

						Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Зміст

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ МОДУЛЬНИХ РІЗЦІВ. АНАЛІЗ СХЕМИ ЗАКРІПЛЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН В КАРТРИДЖАХ.....	10
1.1 Модульні інструментальні рішення.....	10
1.2 Модульні рішення для операцій точіння.....	11
1.3 Типи різцетримачів.....	11
1.3.1 Різцетримач закріплення BMT.....	11
1.3.2 Різцетримач закріплення VDI.....	12
1.4 Подача МОР.....	14
1.5 Схеми кріплення картриджів.....	16
1.5.1 Гвинтове кріплення.....	16
1.5.2 Кріплення за допомогою хвостовика Coromant Capto.....	17
1.5.3 Кріплення за допомогою хвостовика HSK.....	18
1.5.4 Кріплення відрізних модульних головок.....	19
1.6 Схеми закріплення твердосплавних пластин.....	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Вибір заготовки для виготовлення державки.....	24
2.2 Базовий технологічний процес.....	24
2.3 Технологічний процес на виготовлення державки.....	25
2.4 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	28
2.5 Розрахунок режимів різання на виготовлення державки.....	30
2.6 Технологічний процес на виготовлення картриджа.....	33
2.7 Розрахунок режимів різання для прохідного картриджа.....	35
3 ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПАЗІВ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПЛАСТИН В КАРТРИДЖІ.....	40
3.1 Вибір пристосування.....	40
3.2 Розрахунок сили затиску трьохкулачкового патрона.....	41
4 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТИ З ЧПК.....	43
4.1 Станки з числовим програмним керуванням.....	43

4.2 Розробка керуючої програми на верстат з чпк.....	44
5 АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РОБОТІ ІНСТРУМЕНТУ.....	46
5.1 Сили різання.....	46
5.2 Аналіз напружено-деформованого стану.....	46
5.2.1 Розрахунок сил різання $P_z$ , $P_y$ , $P_x$ .....	47
5.3 Результати проведеного аналізу.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50
Додаток А. Керуюча програма для верстатів з ЧПК.....	53
Додаток Б Специфікація до робочого креслення модульного різця.....	62
Додаток В Специфікація до пристосування.....	64
Додаток Д Операційні карти.....	66
Додаток Е Ескізні карти.....	71



## ВСТУП

Для виконання токарних операцій використовують різні інструменти для операцій поздовжнього, поперечного точіння та точіння канавок, що збільшує час та вартість технологічної підготовки виробництва, тому актуальною задачею є розроблення конструкції та технології виготовлення інструменту, який поєднує в собі всі ці функції. Таким інструментом є модульний різець який складається з державки і трьох змінних картриджів з механічним кріпленням твердосплавних пластин для виконання операцій поздовжнього, поперечного точіння, точіння канавок та відрізання. Закріплення картриджів проводиться за допомогою гвинтів що робить з'єднання конструкції міцним і жорстким, для кращого базування картриджів на державці виконують три пази, які також в свою чергу будуть запобігати люфту, що підвищить якість оброблення розроблюваним інструментом.

Два картриджа використовуються для поздовжнього та поперечного точіння зовнішніх поверхонь, в них використовуються тевродосплавні пластини з кутами 55 та 35 градусів, а третій використовується для відрізання заготовки, який також можна використовувати для оброблення канавок. Однією з основних задач цього інструменту є можливість поєднання відрізних і прохідних картриджів без допомоги змінних адаптерів і різних державок, що дозволяє нам зменшити час простою верстата, швидкість заміни оснастки і також дозволяє отримати велике число наладок при мінімальній кількості інструмента.

Для виконання поставленої задачі необхідно розробити конструкцію державки та кожного картриджу, підібрати матеріали, розробити технологію виготовлення за наступним технічним завданням: матеріал деталі - Сталь 45; параметри оброблювальної деталі: Ø100 h7-h8, Ra 1.25; Ширина канавок 5мм,глибина 6мм; матеріал інструменту Сталь 40X ДСТУ 7806-2015.

						Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ МОДУЛЬНИХ РІЗЦІВ. АНАЛІЗ СХЕМИ ЗАКРІПЛЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН В КАРТРИДЖАХ

## 1.1 Модульні інструментальні рішення

Модульні інструментальні рішення дозволяють створити оптимальну збірку для конкретної області застосування на основі стандартних елементів. При відносно малій номенклатурі інструменту можна створити величезну кількість комбінацій, що дозволяє використовувати загальні інструментальні системи на всьому підприємстві, незалежно від інтерфейсу верстата [14].

Інтерфейс модульної системи - це проміжний інтерфейс між інтерфейсом верстата і хвостовиком або пластиною. Різні області застосування і верстати пред'являють різні вимоги до інтерфейсу модульної системи [14].

Використання модульної системи в якості інтерфейсу дозволяє отримати різні поєднання збірок для точіння, фрезерування, свердління і нарізування різьблення мітчиком. Завдяки цьому звичайного асортименту інструментального оснащення при відносно невеликій номенклатурі інструменту охоплюються всі інтерфейси верстата [14].

Їх можна використовуватися в створенні збірок для:

- Обробних центрів - фрезерування, свердління, розточування і нарізування різьблення
- Багатоцільових верстатів - точіння, фрезерування, свердління, розточування і нарізування різьблення
- Токарно-карусельних верстатів – точіння

Інтерфейси шпинделів обробних центрів можна розділити на малі / середні і великі / дуже великі.

Малі та середні інтерфейси вибираються для менших діаметрів інструменту і більш коротких вільотів, що допускають високу частоту обертання. Для отримання оптимального і найбільш стабільного результату збірка повинна бути максимально короткою - кращі цільні адаптери

						Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Великі і дуже великі інтерфейси шпинделя вибираються виходячи з вимог стабільності для великих діаметрів фрези і великої довжини збірки [14].

Можливість оптимізувати довжину кожної збірки, використовуючи подовжувачі та перехідники на менший розмір з'єднання, дає максимальну стабільність і одночасно усуває необхідність в спеціальних пристроях. Усі позиції зберігаються на складі як стандартні, з поставкою на наступний день, що гарантує підтримку низького рівня запасів [14].

## **1.2 Модульні рішення для операцій точіння**

Модульні рішення для точіння, дають значні переваги з двох основних причин - завдяки широким можливостям комбінування інструменту і скорочення витрат на технологічну підготовку виробництва [14].

Комбінації інструментів: за допомогою відносно невеликого числа адаптерів і різцевих головок можна отримати велику кількість різноманітних інструментів. Це усуває необхідність в більшості спеціальних інструментів, забезпечуючи можливість використання стандартних інструментів навіть для деяких особливих видів обробки.

Скорочення витрат: швидкозмінні державки коштують дорожче, ніж традиційні призматичні державки або розточувальні оправки. Застосування модульних рішень для точіння на операціях з великим ризиком поломки інструменту допомагає в кінцевому рахунку зберегти витрати на тому ж рівні, що і при використанні традиційного інструмента [14].

Модульні рішення доступні як для внутрішнього, так і для зовнішнього точіння, відрізки, обробки канавок і нарізання різьби. З модульним інструментальним оснащенням можна створювати безліч комбінацій з невеликої кількості адаптерів і головок.

## **1.3 Типи різцетримачів**

### **1.3.1 Різцетримач закріплення BMT**

BMT, або “Base Mounted Turret”, зачасту вважається більш жорсткою установкою в порівнянні з іншими тримачами.

						Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тримачі для інструментів типу «ВМТ» (рис.1.1) виготовляються з сертифікованої високоякісної сталі і піддаються антикорозійній обробці [15].

Висока жорсткість стійкість і стабільність ВМТ спричинена через надійне закріплення на верстаті, тримач міцно закріплюється на торцевій стороні револьверної головки за допомогою 4-х гвинтів, і додатково базується за допомогою клавів розміщених на самому різцетримачі, так само завдяки цьому оператору не потрібно регулювати прямолінійність. Це забезпечує стабільність і жорсткість як при легкому різанні так і при важких операціях обробки [15].

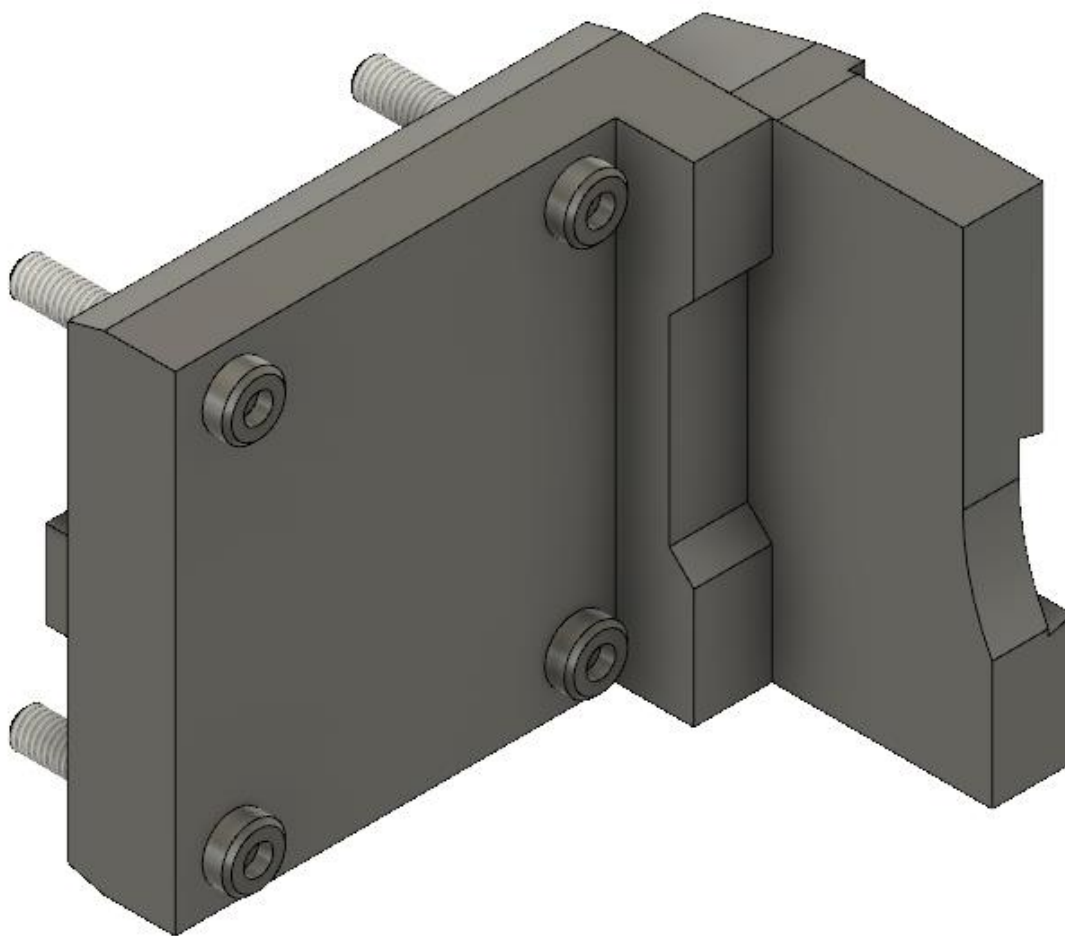


Рисунок. 1.1 - Різцетримач ВМТ.

### 1.3.2 Різцетримач закріплення VDI

VDI є найпопулярнішою системою адаптації для швидкої заміни інструменту на верстатах з ЧПУ (рис.1.2). Ця стандартна адаптація кріплення обслуговує переважно стаціонарні токарні або свердлильні інструменти [15].

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12



Інструменти широко використовуються в усьому світі, завдяки своїй простоті, низькій вартості та жорсткості затиску інструменту.

Вони виготовляються з високоякісної сплаву з високою точністю, термообробкою та шліфуванням.

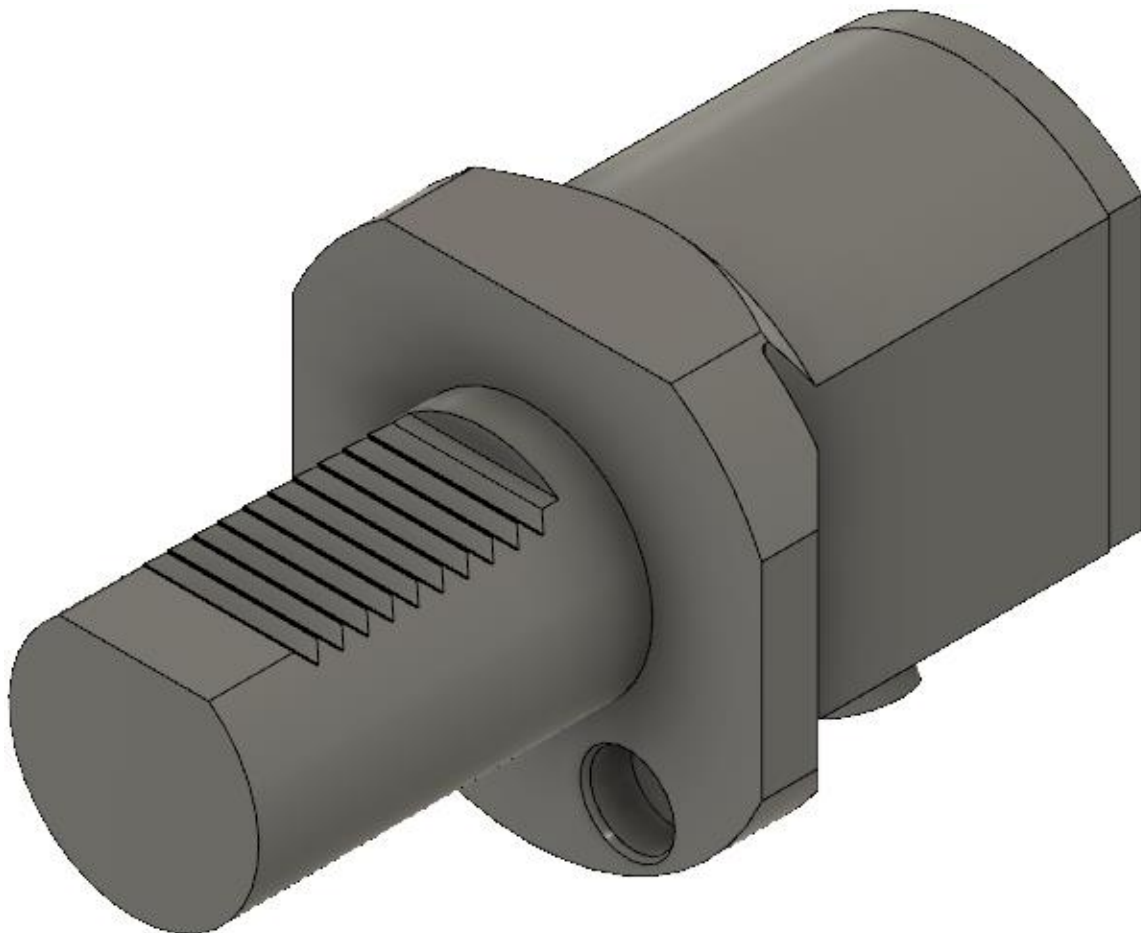


Рисунок 1.2 - Різцетримач VDI для кріпильного вузла Coromant Capto

VDI тримач має зубчастий вал, який вставляється у отвір на торці револьверної головки. Інструмент утримується на місці із зв'язаною частиною з зубцями, які розміщені всередині головки. Гвинт, розташований на лицьовій стороні револьверної головки, застосовує механізм затискного тиску, який утримує інструмент надійно на місці. Сам VDI тримач утримується від провертання, штифтом який розташований на монтажній поверхні револьверної головки [15].

Порівняння між VDI і BMT тримачами [15].

Перевага VDI

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

- Тільки один гвинт затягує тримач, він легко встановлюється і швидше налаштовується для оператора
- Вартість інструментального тримача дешевше, ніж інструментальний тримач ВМТ.
- Оператор може регулювати прямоту і точність тримача.
- Висока жорсткість, завдяки прямому хвостовику та торцевому контакту з фланцем
- Жорстка конструкція завдяки зубчастої затискної системи
- Висока точність і повторюваність центру висоти
- Компактний і легкий дизайн
- Ефективна подача охолоджувача внутрішньо через інструмент і зовні через фланець

#### Перевага БМТ

- Більш жорсткий, використовується для важкого режиму різання.
- Точність прямолінійної фіксації, оператор не потребує регулювання прямолінійності.

### 1.4 Подача МОР

Основними функціями мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) є видалення стружки, охолодження і змазування поверхні контакту інструменту і заготовки. Коректне застосування МОР підвищує надійність обробки, продуктивність інструменту і якість деталей [11].

Більшість сучасних токарних інструментів мають внутрішнє підведення МОР через інструмент, у багатьох з них реалізований комбіноване високоточне верхнє і нижнє підведення МОР. Підведення рідини до зони різання, в інструменті може бути наступних типів і має різні переваги в обробці [11]:

- Високоточне підведення МОР, або високоточне верхнє підведення, через сопло (або щось подібне) струя МОР направляється прямо в зону різання з боку передньої поверхні. Знижує температуру і покращує контроль над стружкоподрібненням. Можна використовувати під високим тиском, для поліпшення стружкоподрібнення.

						Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Нижнє підведення МОР, струмінь рідини з боку задньої поверхні ефективно відводить тепло від пластини, підвищуючи стійкість інструменту.

- Традиційне підведення МОР, наприклад, регульовані сопла, діаметр випускного отвору які в частому випадку більші діаметра сопел для високоточної подачі МОР. Призначені для подачі МОР на пластини і деталі під час обробки (подача МОР поливом). Ці інструменти не призначені для подачі МОР під високим тиском.

На сучасних токарних інструментах сопла подають МОР з високою точністю прямо в зону різання з боку передньої поверхні, в результаті контролюється стружкодріблення і підвищується надійність обробки. Для оптимізації можливостей верстата і подальшого підвищення стійкості інструменту і поліпшення стружоутворення подачу і швидкість МОР можна налаштувати з високою точністю, змінивши діаметр сопла. Позитивний ефект високоточного підведення МОР проявляється вже при низькому тиску МОР, але чим вище тиск, тим складніші для обробки матеріали можна успішно обробляти [11].

Підвищення якості токарної обробки за допомогою МОР [11]:.

Коректне застосування МОР підвищує надійність обробки, продуктивність інструменту і якість деталей. При застосуванні МОР слід враховувати:

- Для чистової обробки рекомендуються інструменти з високоточним підведенням МОР;

- Необхідна для дроблення стружки тиск МОР залежить від діаметра сопла (на виході), оброблюваного матеріалу, глибини різання і подачі;

- Необхідна витрата МОР залежить від тиску і сумарною площі каналів для підведення МОР;

- При напівчистової і чорновій обробці рекомендується використовувати нижнє підведення МОР;

- Для чистових операцій рекомендується використовувати і високоточну подачу МОР, і нижнє підведення МОР.

						Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рішення задач обробки шляхом коректного застосування МОР:

- Недостатній контроль над стружкоподрібленням: Застосовувати верхнє підведення МОР;
- Низька розмірна точність: Зазвичай внаслідок високої температури - застосовуйте як верхній, так і нижнє підведення МОР з максимально можливим тиском;
- Непередбачувана стійкість інструменту при чорновій обробці: Користуйтеся лише нижнім підведенням МОР;
- Непередбачувана стійкість інструменту при чистової обробки: Застосовуйте як верхній, так і нижнє підведення МОР;
- Погане видалення стружки при внутрішній обробці: Застосовуйте як верхнє, так і нижнє підведення МОР при максимально можливому тиску.

## **1.5 Схеми кріплення картриджів**

### **1.5.1 Гвинтове кріплення**

Модульні різці із гвинтовим кріпленням (рис. 1.3), дають стабільність і високу повторюваність заміни і кріплення модульних головок. Ця система має не складний інтерфейс що дає можливість використовувати різну оснастку для оброблення матеріалу.

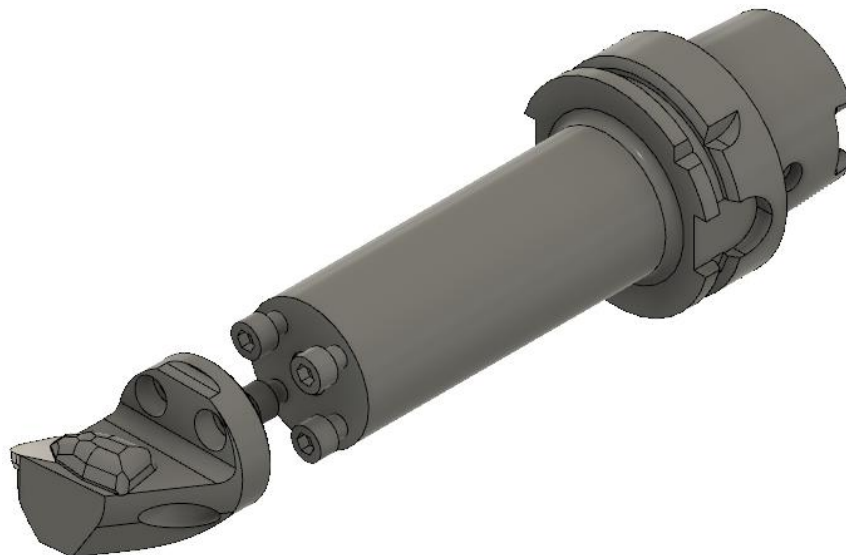


Рисунок 1.3 - Адаптер з конусом HSK та змінною модульною головкою.



Закріплення картриджів проводиться за допомогою гвинтів, що робить з'єднання конструкції міцним і жорстким, для кращого позиціонування модульних головок на державці можна виконується накатка або фрезерується пази, які в свою чергу будуть запобігати люфту, що підвищить якість оброблення інструментом

### 1.5.2 Кріплення за допомогою хвостовика Coromant Capto

Система Coromant Capto (рис. 1.4) – має легкий інтерфейс для багаторазових станцій, так щоб його можна було б використовувати для інструментів які не обертаються (точіння), і для обертових (фрезерування / свердління).

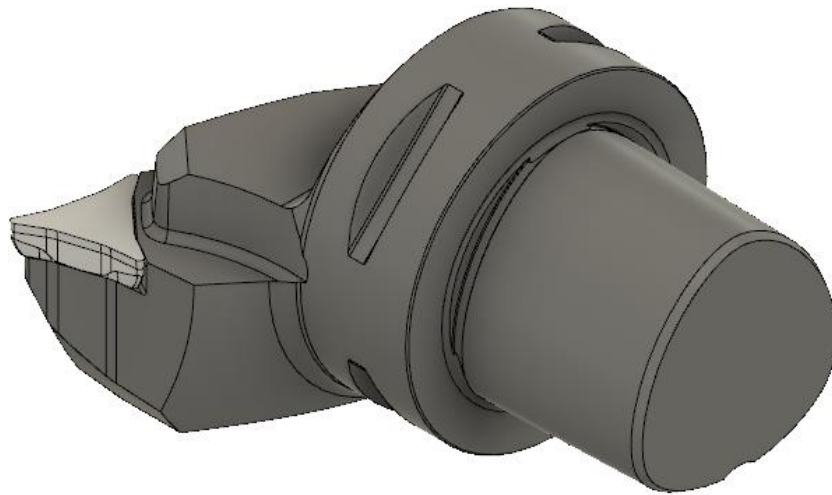


Рисунок 1.4 - Модульна головка із хвостовиком Coromant Capto

Система має шліфовану опорну поверхню з конусом що забезпечує стабільне зєднання. Для кутового позиціонування інструмента на цій поверхні зроблений паз, тригранний профіль забезпечує самоцентрування а також позиціонування інструмента без наявності додаткових пазів на торці що гарантує відсутність люфта в зєднанні.

Основними якостями Coromant Capto є:

- зорстке і надійне закріплення ;
- висока передача крутного моменту;
- висока базова стійкість і точність;
- самоцентрування;

- висока міцність на вигин;
- збалансований і концентричний;
- гнучкість з великою модульністю;
- швидка зміна та автоматична зміна інструменту.

### 1.5.3 Кріплення за допомогою хвостовика HSK

Одним з найпопулярніших стандартів для інструментів є HSK (рис. 1.5). Вони є більш легкими та збалансованими мають найвищу точність, тому їх вибирають професійні оператори з ЧПУ по всьому світу. На відміну від звичайних хвостовиків, хвостовик HSK є порожнистим, а затискний механізм працює зсередини через що відбувається, пружна деформація стін хвостовика яка створює міцний контакт навколо хвостовика, а також з'єднує фланець хвостовика з приймачем [17].

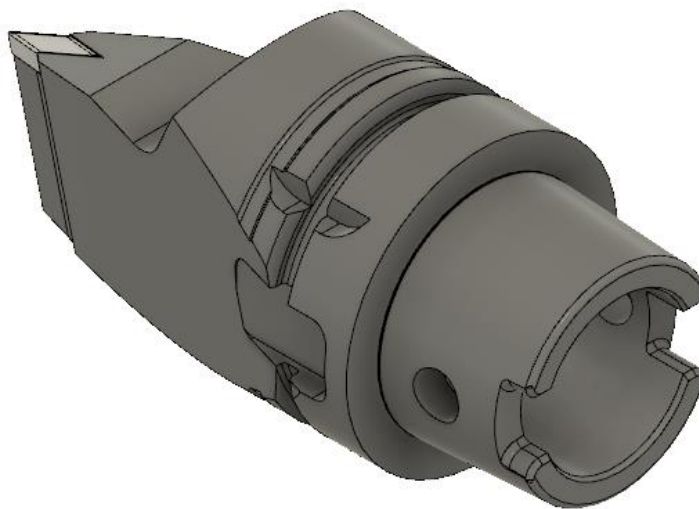


Рисунок 1.5 - Модульна головка із хвостовиком HSK.

Ця конструкція в основному була створення для високошвидкісної обробки.

Тримачі інструментів HSK вимагають більш високого рівня виробництва порівняно з іншими типами тримачів інструментів, оскільки допуск між приймачем шпинделя і конусом менше двох мікрон (.002 мм). Оскільки HSK є порожнистим конусним хвостовиком, матеріал має вирішальну роль для оптимальної роботи [18].

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Для виготовлення використовується ретельно відібрані матеріали з оптимальною твердістю і міцністю для запобігання відмови продукту.

Вони є дуже делікатними пристроями, тому їх слід зберігати в безпечному місці, щоб не було пошкодження.

#### **1.5.4 Кріплення відрізних модульних головок**

Модульні канавочно-відрізні різці складаються з державки, змінних лез які мають механічне кріплення твердосплавних пластин, і кріпильних гвинтів які надійно закріплюють змінні леза (рис. 1.6).

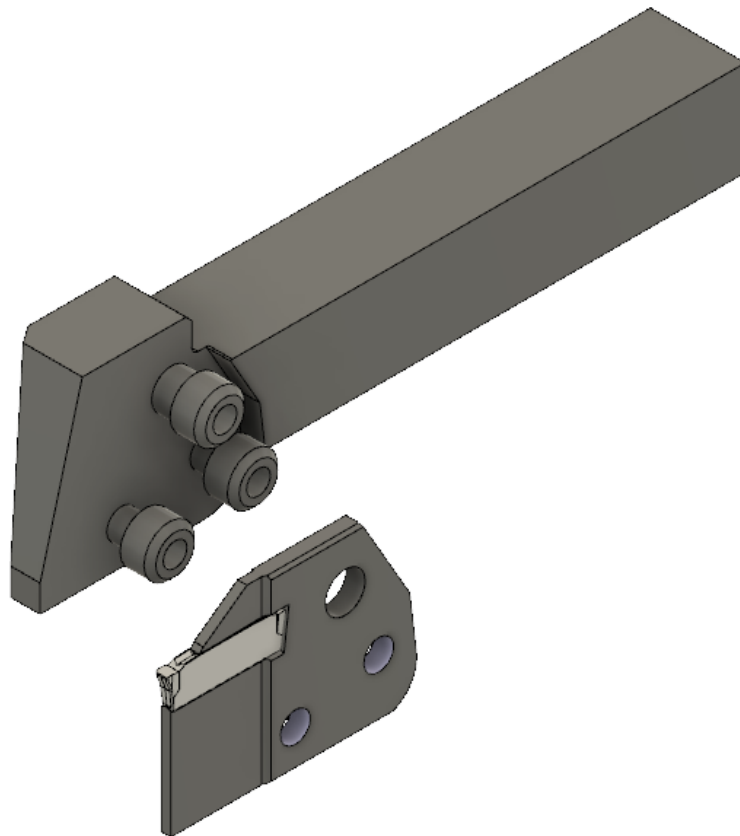


Рисунок 1.6 - Державка із змінним адаптером.

Основні параметри:

- Надійне позиціювання леза в картриджі
- Змінні леза забезпечують універсальність і можливість регулювання глибини різання
- Можливість підведення МОР
- Швидка зміна картриджів

						Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.6 Схеми закріплення твердосплавних пластин

Основною метою в металообробці на сьогоднішній день являється збільшення продуктивності і гнучкості роботи. Це пов'язано із значним підвищенням номенклатури деталей у малому та середньому виробництві і необхідністю автоматизації виробництва. Задля цього необхідно використовувати інструмент який відповідає такими якостями як швидкозміною, високою надійністю при роботі з високими режимами різання, можливістю швидкої переналадки, та відносно не великої вартості [12].

Ці вимоги задовольняє інструмент із змінними твердосплавними пластинами (рис.1.7).

Вигода застосування різців із механічним закріпленням твердосплавних пластин:

- володіють швидкою заміною основної різальної частини
- ідеально сумісний з іншими інструментами
- легко підлягає переналагодженню різальної частини
- збільшений термін експлуатації державки різця
- автоматизація заміни різних пластин інших деталей
- правильне відведення стружки необхідних розмірів

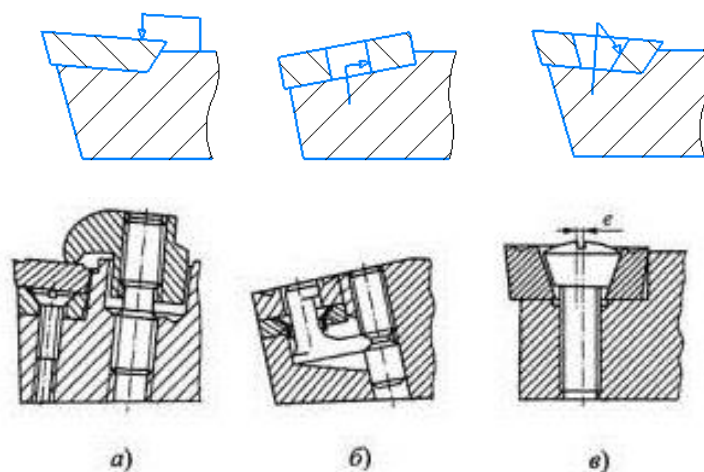


Рисунок 1.7 - Схеми кріплення пластин:

а - прихватом зверху; б - важелем через отвір; в – гвинтом.



### Кріплення С-типа, кріплення прихватом

Закріплення типом С використовують для пластин які не мають отвору. За таким методом кріплення різальної пластини базування відбувається в пазу для пласти в державці за двома базовими поверхнями і зверху притискають до опорної поверхні прихопив. Швидка заміна пластин відбувається через диференціальний гвинт [12].

#### Складові:

1. Пластина
2. Опорна пластина
3. Штифт опорної пластини
4. Прижим

#### Переваги:

- Дозволяє закріплювати пластини які не мають отвору
- Висока повторюємість результатів
- Проста заміна пластини

#### Недоліки:

- Перешкоджає сходженню стружки

### Кріплення Р-типу, прижим ричагом за отвір

Притиск важелем за отвір використовується для закріплення односторонніх і двосторонніх пластин без задніх кутів [13].

#### Складові:

1. Пластина
2. Втулка опорної пластини
3. Опорна пластин
4. Ричаг
5. Гвинт

#### Переваги:

- Проста заміна пластини
- Безперешкодний сход стружки

						Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Надійне кріплення

Кріплення S-типу, кріплення центральним гвинтом

Закріплення твердосплавних пластин S-типом зазвичай застосовують в інструментах невеликих розмірів. Така схема закріплення є кращою по компактності, надійності, жорсткості і наявності простору для вільного сходження стружки навідміну від старих систем із закріпленням пластин притиском зверху [12].

Складові:

1. Гвинт
2. Пластина
3. Гвинт опорної пластини
4. Опорна пластина

Переваги:

- Надійність кріплення
- Проста заміна пластини
- Висока повторюємість результатів
- Безперешкодний сход стружки
- Висока жорсткість
- Компактність

Кріплення T-типу, прижим підвищеної жорсткості

Кріплення підвищеної жорсткості використовують для кріплення пластин з дуже крихких матеріалів, на подоби як металокераміка і кубічний нітрид бору. За формою непереточувальна пластина є багатогранник, число граней якого дорівнює числу різальних лез [13].

Складові:

1. Пластина
2. Зажимний гвинт
3. Прижим

						Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Переваги:

- Висока надійність кріплення
- Проста заміна пластини
- Висока повторюємість результатів
- Висока жорсткість

Недоліки:

Перешкоджає сходженню стружки

Для зменшення часу на установку інструмента в верстат, було вирішено модифікувати державку зробивши її цільною з різцетримачем що також дозволило зменшити кількість змінних адаптерів і різцетримачів для закріплення інструменту в верстат. Для цієї модифікації краще підійшли різцетримачі VDI в першу чергу через їхню компактність і малогабаритність. Також ці різцетримачі дозволяють швидко і автоматизовано закріплюватись до револьверної головки, мають високу жорсткість, легкий дизайн, та високу точність.

Закріплення картриджів до державки проводиться за допомогою гвинтів та установчих пазів. Пази базують картриджі до державки, а гвинти дають високу жорсткість і надійність в закріпленні картриджів.

Для прохідних картриджів було підібрано закріплення пластин типу S через швидку і просту заміну пластини, високу надійність закріплення, також гвинт при закріпленні прихований в пластині що дає можливість для безперешкодного сходженню стружки.

Для відрізного картриджа було підібрано кріплення пластин типу T. Це кріплення являється кріпленням підвищеної жорсткості і застосовується для пластин які не мають отвора, пластина базується завдяки установчим пазам і прижимається прижимом який затягується гвинтом. Це дозволяє отримати високу жорсткість в закріпленні пластини.

Підведення МОР проводиться через вісь державки і проходить до картриджів що дає можливість до точного підведення МОР в зону різання.

						Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вибір заготовки для виготовлення державки

Для виготовлення державки використовується гарячекатний прокат марки сталі 40х ø100мм довжиною 224мм згідно ДСТУ 7806 - 2015.

Марку 40х, відносять до конструкційних, легованих. Одним із ключових характеристик цього металу є його твердість, тобто, здатність чинити опір більш твердим матеріалам. Твердість металів надає безпосередній вплив на міцність стійкість до зносу та ряду інших властивостей [10].

Повний склад сталі 40Х [10]:

C (вуглець) 0,36-0,44;

SI (кремній) 0,17-0,37;

Mn (марганець) 0,5-0,8;

Ni(нікель) до 0,3;

S (сірка) до 0,035;

P (фосфор) до 0,035;

Cr (хром) 0,8-1,1;

Cu (мідь) до 0,3;

### 2.2 Базовий технологічний процес

Було розроблено два базових технологічних процеса для розробки державки для модульного різця (2.1), та одного із трьох змінних картриджів (таб.2.2).

Таблиця 2.1 – Технологія обробки державки модульного різця.

005	Токарна з ЧПК. підрізати торець; точити поверхню начорно; точити поверхню начисто; точити фаски і зкруглення.
010	Токарна з ЧПК: точити торець у розмір; точити начорно; точити начисто; точити канавку;центрувати.

015	Фрезерна зЧПК. Фрезерувати 3 пази; серлити отвір для подачі МОР;свердлити отвори для нарізання різьби; нарізати різьбу.
020	Фрезерна з ЧПК Фрезерувати лиску; фрезерувати грані;свердлити отвір для базування.свердлити отвір для подачі МОР; свердлити отвір для МОР; зробити накатку.
025	Маркувати
030	Термічна обробка.
035	Шліфувальна. Шліфувати хвостовик
040	Шліфувальна. Шліфувати пази
045	Поновлення різьби
050	Контроль.

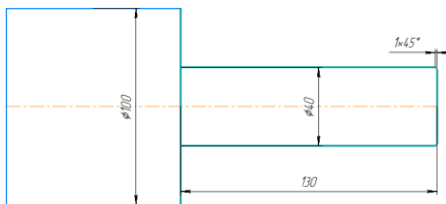
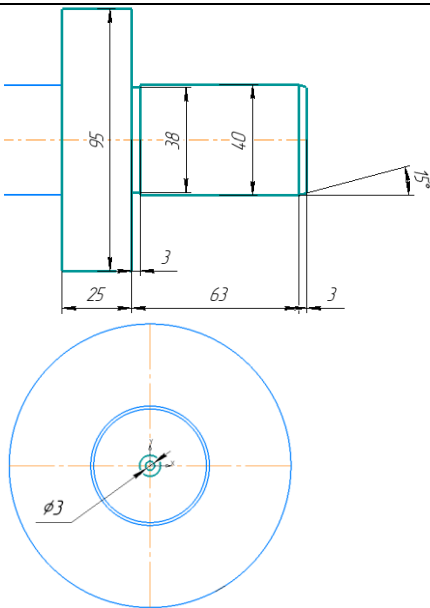
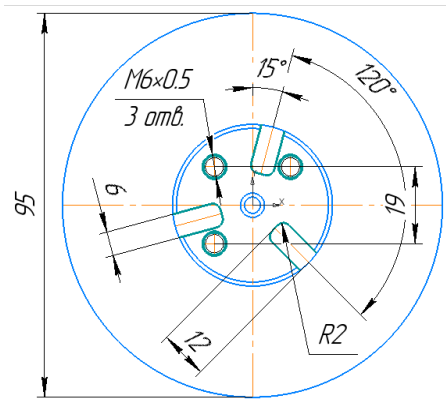
Таблиця 2.2– Технологія обробки прохідного картриджа з кутом пластини 55°.

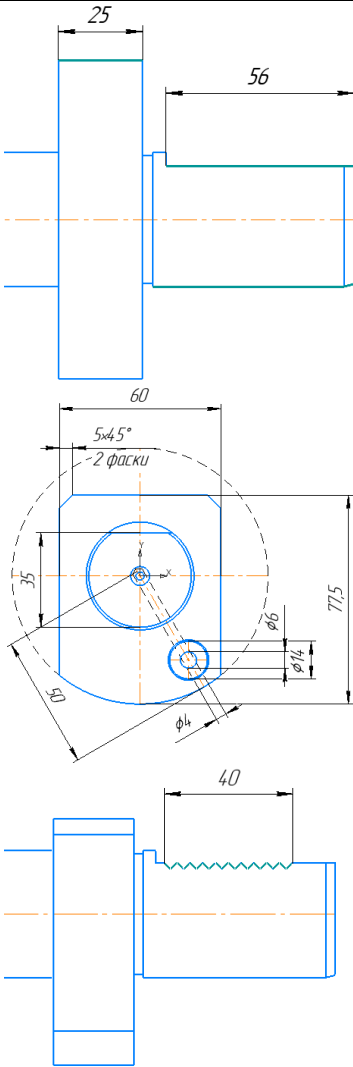
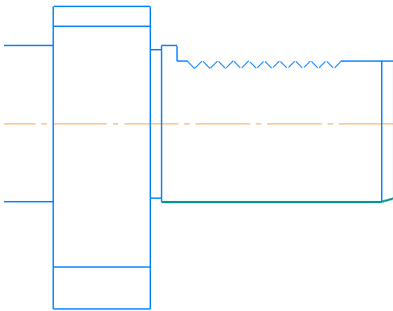
005	Токарна з ЧПК. Підрізати торець; точити поверхню начорно; точити поверхню начисто; точити фаски.
010	Фрезерна з ЧПК Фрезерувати по контуру; фрезерувати паз під пластину; свердлити отвір; свердлити отвір під різьбу;свердлити 3 отвори для гвинтів свердлити отвір для МОР; фрезерувати нижню частину.
015	Фрезерна зЧПК. Фрезерувати 3 установчих паза; свердлити отвір; фрезерувати фаски; фрезерувати грань.
020	Маркувати
025	Термічна обробка
030	Поновлення різьби
035	контроль

### 2.3 Технологічний процес на виготовлення державки

Для виготовлення державки мольного різця (таб. 2.3), було розроблено технологічні процеси.

Таблиця 2.3 – Технологічний процес

№	Найменування Операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
005	1. Підрізати торець Ø100мм ; 2. Точити з Ø100мм до Ø40 на l=130мм із скругленням 0,5мм; 3. Точити фаски на торці 1x45°.		Станок 16К20Ф3; Різець прохідний Т15К6 PCLNR 2020К-12.	Трьохкула-чковий патрон
010	1. Підрізати торець Ø100; 2. Точити з Ø100 до Ø95 на l=88мм; 3. Точити з Ø95 до Ø40 на l=63мм; 4. Точити канавку на Ø40 до Ø38 l=3мм 5. На торці заготовки точити 3x15°. 6. Центрувати Ø3 на глибину 4мм.		Станок 16К20Ф3; Різець прохідний Т15К6 PCLNR 2020К-12; Центрувальне свердло Ø3 ДСТУ 14952-75;	Трьохкула-чковий патрон
015	1. Фрезерувати 3 пази L=12 мм шириною 8мм на глибину 3мм; 2. Свердлити отвір Ø4 на l=144 мм; 2. Свердлити 3 отвори Ø6мм на l=20мм; 3. Нарізати різьбу М6х0,5 на l=20мм.		Станок LITZ CV-800; Кінцева фреза Ø4; Свердло Ø4 Р6М5 ДСТУ 10903-77; Свердло Ø6 Р6М5 ДСТУ 10903-77; Мітчик М6 ДСТУ 3266-81.	Трьохкула-чковий патрон

020	<p>1.Фрезерувати лиску на Ø40 глибиною 4мм. на l=56мм;</p> <p>2. Фрезерувати грань на Ø95 на глибину 17.5мм l=25мм;</p> <p>3.Фрезерувати дві грані на Ø95 на глибину 17.5мм l=25мм;</p> <p>4.Фрезерувати дві фаски 5x45°.</p> <p>5. Зробити накатку з кутом 90° на глибину 1,7мм. на l=40мм.</p> <p>6. Свердлити отвір Ø14 на глибину 7,5мм;</p> <p>7. Свердлити отвір Ø6 на глибину 12,5мм;</p> <p>8. Свердлити отвір Ø4 на глибину 50 мм.</p>		<p>Станок LITZ CV-800;</p> <p>Торцева фреза Ø60 ДСТУ 26595-85;</p> <p>Свердло Ø14 P6M5 SCD 140-043-140 AP3;</p> <p>Свердло Ø6 P6M5 ДСТУ 10903-77;</p> <p>Свердло Ø4 SCD 040-017-060 AP3N;</p> <p>Нактка ДСТУ 21474-75;</p>	<p>Стіл круглий горизонтально-вертикальний з упорами під отвори</p>
025	Маркувати.		Лазером	
030	Термообробка: гартуванням.		Піч	
035	Шліфувати хвостовик.		<p>Круглошліфувальний верстат 3A110В шліфувальний круг форми ПП</p>	<p>Центра з повідковим патроном</p>



040	Шліфувати пази для картриджів.		Круглошліфувальний верстат 3А110В шліфувальний круг форми ПП	
045	Поновлення різьби.		Мітчик ДСТУ 3266-81.	Трьохкулачковий патрон
050	Контроль.			Прийом для контролю інструменту

## 2.4 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні проводиться для робочої частини державки модульного різця Ø40h8mm.

Заготовку для державки модульного різця одержано з гарячекатаного прокату, матеріал заготовки — сталь 40Х ДСТУ 7806-2015.

Поверхня Ø40 піддається наступним операціям: чорновому і чистовому точінню. Базування й установка заготовки відбувається в трьохкулачковому патроні.

Зміщення осі заготовки в результаті похибки центрування визначається по формулі [1]:

$$\Delta_y = 0.25\sqrt{Td^2 + 1}$$

де:  $Td=1100\text{мкм}$  – допуск на базову поверхню Ø40mm.

$$\Delta_y = 0,25\sqrt{1100^2 + 300^2} = 1818\text{мм}$$

Для наступних переходів величина відхилення заготовки визначається за формулою [4]

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$\Delta_i = \Delta_{\Sigma_2} \cdot K_y$$

$K_y$ - коефіцієнт уточнення [1, ст.190, таб.29].

$$K_y^{\text{т.чор}} = 0,06;$$

$$K_y^{\text{т.чис}} = 0,04;$$

$$\Delta^{\text{т.чор}} = 1818 \cdot 0,06 = 109 \text{мкм};$$

$$\Delta^{\text{т.чис}} = 109 \cdot 0,04 = 4,36 \text{мкм};$$

Отримані дані заносимо до таблиці згідно методики, яка приведена в [Таб.2.1].

Визначемо значення припусків:

Перевіримо правильність розрахунків за наступними формулами [1]:

$$2Z_i^{\text{max}} - 2Z_i^{\text{min}} = Td_{i-1} - Td_i$$

$$2Z_{\text{заг}}^{\text{max}} - 2Z_{\text{заг}}^{\text{min}} = Td_{\text{вих.з}} - Td_{\text{дет}}$$

де:  $2Z_i^{\text{max}}, 2Z_i^{\text{min}}$  - максимальний і мінімальний припуск на операції;

$Td_{i-1}, Td_i$  - допуск на деталь на даній і на попередній операції;

$2Z_{\text{заг}}^{\text{max}}, 2Z_{\text{заг}}^{\text{min}}$  - загальний максимальний і мінімальний двосторонній припуск на деталь;

Визначемо мінімальний двохсторонній припуск за формулою [1]:

$$2Z_{\text{min}_1} = 2(R_z + h_0) + \sqrt{\Delta_{\Sigma_0}^2 + \Delta_y^2}$$

$$2Z_{\text{min}}^{\text{т.чис}} = 2(63 + 60) + \sqrt{109^2 + 30^2} = 359,05 \text{мкм};$$

$$2Z_{\text{min}}^{\text{т.чор}} = 2(160 + 200) + \sqrt{1816,93^2 + 60^2} = 2817,92 \text{мкм};$$

Визначимо мінімальні розрахункові розміри [2]:

$$D_{\text{min}_{i+1}} = D_{\text{min}_i} + 2Z_{\text{min}_i}$$

$$D_{\text{min}}^{\text{т.чис}} = 42,36 + 0,359 = 42,719 \text{мкм};$$

$$D_{\text{min}}^{\text{т.чор}} = 42,719 + 2,818 = 45,537 \text{мкм};$$

Визначення максимальних розрахункових розмірів [1]:

$$D_{\text{max}_i} = D_{\text{min}_i} + TD$$

$$D_{\text{max}}^{\text{т.чис}} = 42,36 + 0.039 = 42,399 \text{мкм};$$

$$D_{\text{max}}^{\text{т.чор}} = 42,719 + 0.16 = 42,879 \text{мкм};$$

						Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D_{max}^{zag} = 45,537 + 1.1 = 46.637 \text{ мкм};$$

Визначаємо максимальний припуск [4]:

$$Z_{max_i} = D_{max_{i-1}} - D_{max}$$

$$Z_{max}^{т.чис} = 42,937 - 42,399 = 538 \text{ мкм};$$

$$Z_{max}^{т.чор} = 46,579 + 42,879 = 3700 \text{ мкм};$$

Таблиця 2.4 – Припуски на оброблення поверхні

переходи	Елементи припуску				$2Z_{min}$ мкм	Розрахунковий діаметр $d_p$ , мкм	TD, мкм	Граничні розміри		Граничні припуски	
	$R_z$	h	$\Delta$	$\varepsilon$				$D_{min}$	$D_{max}$	$Z_{max}$	$Z_{min}$
Заготов	200	300	300	-	-	26.891	1100	26.891	46,637	-	-
ка											
Точіння	63	60	109	60	2818	45,537	160	45,537	42,879	3700	2818
чорнове											
Точіння	20	30	4,4	30	359	42,719	39	42,719	42,399	538	359
чистове											
ний										4238	3177
припус											

Перевірка

$$TD_3 - TD_d = \sum Z_{max} - \sum Z_{min} ; 1100-39=1061-1612; 1061=1061$$

## 2.5 Розрахунок режимів різання на виготовлення державки

Розрахунок режимів різання на операцію 005

Токарна

Чорнове обточування робочої частини державки.

						Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Матеріал – Сталь 40Х

Устаткування – 16К20Ф3

Інструмент – різець прохідний Т15К6 ГОСТ 18879-73, (ст.119 табл. 4[2]).

Глибина різання – 3мм

Подача:  $S = 0,8 = 0,5 \dots 0,9 \text{ мм/об}$  [стор.266, табл. 11 [2]].

Розраховуємо величину швидкості різання

$$V_{\text{дон}} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x}$$

$C_v = 340$ ;  $x = 0.15$ ;  $y = 0.45$ ;  $m = 0.2$ ; (табл. 17 [2])

$T$  - період стійкості різця,  $T = 60 \text{ хв}$ ;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{ov}$$

$K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$  - для даних умов не враховуються.

$K_{mv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [2]),

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^n = \left( \frac{750}{700} \right)^{0.3} = 1,07$$

$K_{nv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{nv} = 0,90$  (табл. 5 [2]);

$K_{uv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv} = 1.0$  (табл. 6 [2]);

$$K_v = 1,07 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,96$$

$$V = \frac{340 \cdot 0,96}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,45} \cdot 5^{0,15}} = 125,13 \text{ м/хв}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 125}{\pi \cdot 100} = 398,23 \text{ хв}^{-1}$$

Тангенціальна сила різання  $P_z$

						Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$ ;  $x = 0.1$ ;  $y = 0.75$ ;  $n = -0.15$ ; (табл. 22 [2])

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^{0.15} \cdot 0.8^{0.75} \cdot 125^{-0.15} \cdot 0.9 = 3320.97 \text{ Н}$$

Потужність, затрачувана на точіння

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{1506 \cdot 125}{61200} = 6.78 \text{ кВт}$$

Розрахуємо основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{130}{398 \cdot 0.8} = 0.48 \text{ хв}$$

Токарна

Чистове точіння робочої частини в  $\varnothing 40,6$

Чистове обточування робочої частини державки.

Матеріал – Сталь 40Х

Устаткування – 16К20Ф3

Інструмент – різець прохідний Т15К6 ГОСТ 18879-73, (ст.119 табл. 4[2]).

Глибина різання – 0,2мм

Подача:  $S = 0,13$  мм/об[стор.268,табл. 14 [2]].

Розраховуємо величину швидкості різання

$$V_{\text{дон}} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x}$$

$C_v = 420$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$ ; (табл. 17 [2])

$T$  - період стійкості різця,  $T = 60$  хв;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{ov}$$

$K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$  - для даних умов не враховуються.

$K_{mv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [2]),

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^n = \left( \frac{750}{700} \right)^{0.3} = 1,07$$

						Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{nv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$$K_{nv} = 0,90 \text{ (табл. 5 [2])};$$

$K_{uv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$$K_{uv} = 1.0 \text{ (табл. 6 [2])};$$

$$K_v = 1,07 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,96$$

$$V = \frac{420 \cdot 0,96}{60^{0,2} \cdot 0,13^{0,2} \cdot 0,2^{0,15}} = 92,86 \text{ м/хв}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 92,86}{\pi \cdot 40,6} = 708,04 \text{ хв}^{-1}$$

Сила різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$C_p = 300; x = 0.1; y = 0,75; n = -0.15; \text{ (табл. 22 [2])}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 92,86^{-0,15} \cdot 0,9 = 260,75 \text{ Н}$$

Потужність, затрачувана на точіння

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{260,75 \cdot 92,86}{61200} = 0,39 \text{ кВт}$$

Розрахуємо основний час на обробку деталі:

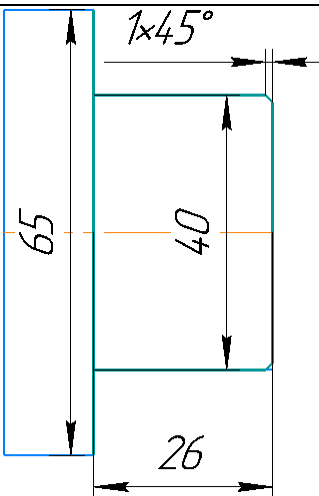
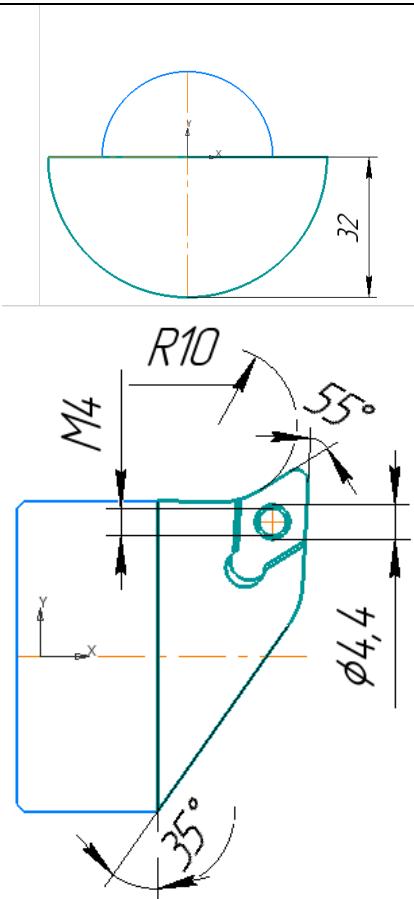
$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{130}{708,04 \cdot 0,13} = 1,41 \text{ хв}$$

## 2.6 Технологічний процес на виготовлення картриджа

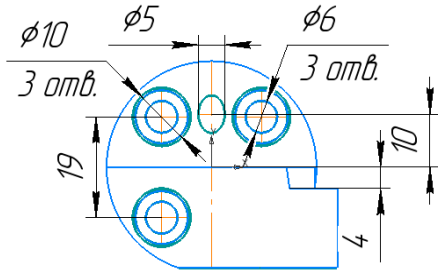
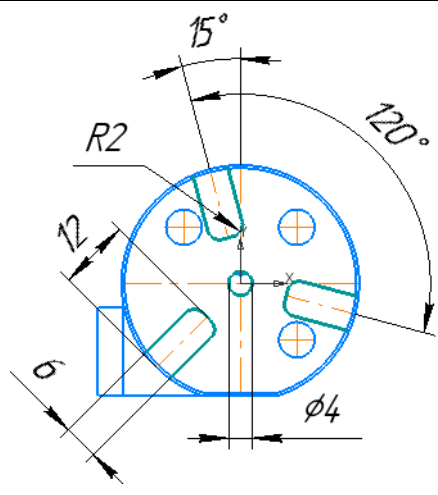
Для виготовлення змінного прохідного картриджа з кутом пластини 55 (таб. 2.5) було розроблено технологічний процес.

						Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 2.5 - Технологічний процес на виготовлення змінного прохідного картриджа

№	Найменування Операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
005	1. Підрізати торець Ø65мм ; 2. Точити з Ø65мм до Ø40 на l=26мм; 3. Точити фаски на торці 1x45°;		Станок 16K20Ф3; Різець прохідний T15K6 PCLNR 2020K-12.	Трьохкула-чковий патрон
010	1. Фрезерувати Ø65; 2. Фрезерувати деталь по контуру; 3. Фрезерувати паз під пластину; 4. Свердлити отвір Ø4,4 на глибину 3мм; 5. Свердлити отвір Ø4 на глибину 5мм 6. Нарізати різьбу M4; 7. Свердлити 3 отвори Ø10 на глибину 10мм; 8. Свердлити 3 отвори Ø6 на глибину 5мм; 9. Свердлити Ø5 під кутом 45° на глибину 14 мм; 10. Фрезерувати нижню частину.		Станок LITZ CV-800; Кінцева фреза Ø20 ДСТУ 17025-71; Кінцева фреза Ø3 з кутом 7° ДСТУ 18152-72; Свердло Ø4,4 P6M5 ДСТУ 10903-77; Свердло Ø4 SCD 040-017-060 AP3N Свердло Ø3 SCD 030-014-060 AP3N; Свердло Ø6 SCD 060-040-060 AP3N;	Стіл круглий горизонтально-вертикальний



010			Свердло Ø5 SCD 050-035-060 AP5N; Мітчик М4 ДСТУ 3266-81.	
015	1.Фрезерувати Зустановчих пазів довжиною 12мм, шириною 6мм, висотою 3мм; 2. Свердли отвір Ø4 на глибину 10мм. 3.Фрезерувати фаски 4. Фрезерувати грань.		Станок LITZ CV-800; Кінцева фреза Ø8 ДСТУ 17025-71; Свердло Ø4 SCD 040-017-060 AP3N.	Тіски
020	Маркувати.		Лазером	
025	Термообробка: гартуванням.		Термічний агрегат напівавтоматичний мод. ТА-100	
030	Поновлення різьби.		Мітчик ДСТУ 3266-81.	Стіл круглий горизонтально-вертикальний
035	Контроль.			Прийняття для контролю інструменту

## 2.7 Розрахунок режимів різання для прохідного картриджа

Розрахунок режимів різання на операцію 015

Фрезерна

Фрезерування.

Матеріал – Сталь 40Х

Устаткування – Станок LITZ CV-800

Інструмент – Фреза кінцева Ø 8 Т15К6 ДСТУ 17025-71, (ст.174 табл. 65[2]).

Глибина різання – 0,5мм

Подача:  $s_z = 0,03 = 0,02...0,06\text{мм/об}$ [стор.285,табл. 36 [2]].

Розраховуємо величину швидкості різання

$$V = \frac{C_p D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} = K_v$$

$C_v = 46,7$ ;  $q = 0.45$ ;  $x = 0.5$ ;  $y = 0,5$ ;  $u = 0.1$ ;  $p = 0.1$ ;  $m = 0.33$ ; (табл. 39 [2])

$T$  - період стійкості різця,  $T = 80$  хв;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

$K_{mv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [2]),

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^n = \left( \frac{750}{700} \right)^{0.3} = 1,07$$

$K_{nv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{nv} = 0,9$  (табл. 5 [2]);

$K_{uv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv} = 1.0$  (табл. 6 [2]);

$$K_v = 1,07 \cdot 1 \cdot 0.9 = 0.96$$

$$V = \frac{46,7 \cdot 8^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 0,5^{0,5} \cdot 0,03^{0,5} \cdot 8^{0,1} \cdot 4^{0,1}} = 175,47 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо величину сили різання

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{mp}$$

						Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 175,47}{\pi \cdot 8} = 5573,96 \text{ хв}^{-1}$$

$C_p = 68,2$ ;  $q = 0,73$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1$ ;  $w = 0$ ; (табл. 41 [2])

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,5^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 8^{0,1} \cdot 4}{8^{0,73} \cdot 5573,96^0} \cdot 0,96 = 215,15 \text{ Н}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі  $M_{кр}$ , Н·м:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100},$$

$$M_{кр} = \frac{215,15 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 10,75 \text{ Н·м}$$

Потужність, затрачувана на фрезування

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{215,15 \cdot 154}{61200} = 0,54 \text{ кВт}$$

Свердління

Свердління отвору Ø4 на глибину 10мм.

Матеріал – Сталь 40Х

Устаткування – Станок LITZ CV-800

Інструмент – Свердло Ø4 Р6М5 ДСТУ 17025-71, (ст.174 табл. 65[2]).

Глибина різання – 10мм.

Подача:  $s_z = 0,25 = 0,25 \dots 0,28 \text{ мм/об}$  [стор.277, табл. 25 [2]].

Розраховуємо величину швидкості різання

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v$$

$C_v = 9,8$ ;  $q = 0,4$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,2$ ; (табл. 17 [2])

$T$  - період стійкості різця,  $T = 80 \text{ хв}$ ;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}$$

						Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{mv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [2]),

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^n = \left( \frac{750}{700} \right)^{0.3} = 1,07$$

$K_{uv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv}=1.0$  (табл. 6 [2]);

$K_{lv}$  - коефіцієнт, що враховує глибину свердління,

$K_{lv}=1.0$  (табл. 31 [2]);

$$K_v = 1,07 \cdot 1 \cdot 1 = 1,07$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 10^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,5^{0,24} \cdot 0,26^{0,7}} = 59,18 \text{ м/хв}$$

Розрахуємо крутний момент та осьову силу:

$$M_{kp} = 10 C_M D^q s^y K_p$$

$$P_0 = 10 C_p D^q s^y K_p$$

Значення коефіцієнтів та показників степенів беремо з:

Для крутного моменту:

$C_M=0,0345$ ;  $q=2$ ;  $y= 0,8$ .

Для осьової сили:

$C_p=68$ ;  $q=1$ ;  $y=0,7$ .

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки:

$K_p=0,75$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,345 \cdot 4^2 \cdot 0,26^{0,8} \cdot 0,75 = 1,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 4^1 \cdot 0,26^{0,7} \cdot 0,75 = 794,54 \text{ Н}$$

Частота обертання інструменту:

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 59,18}{\pi \cdot 4} = 4777,07 \text{ об/хв}^{-1}$$

Розрахуємо потужність різання:

						Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{1.4 \cdot 4777,07}{9750} = 0.68 \text{ кВт};$$

Розрахуємо основний час на обробку деталі:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{10}{4777,07 \cdot 0.26} = 0,01 \text{ хв}$$

В цьому розділі було підібрано матеріал який краще підійде для розробляемого інструменту, виконана розробка технологічних процесів для виготовлення державки та одного із трьох змінних картриджів для модульного різця, для двох операцій технологічного процесу було проведено розрахунок припусків та режимів різання.

						Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 3 ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПАЗІВ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПЛАСТИН В КАРИТРИДЖІ

### 3.1 Вибір пристосування

Стіл поворотний горизонтально-вертикальний (рис 3.1) застосовується в якості додаткового оснащення фрезерних верстатів призначений для базування и закріплення заготовок деталей типу обертання, що встановлюються в трьохкулачковому патроні, а також в змінних наладках з кріпленням по торцю через центральний отвір. Конструкція корпусу столу дозволяє його використання як в горизонтальному, так і у вертикальному положенні, що дає можливість поєднати функції ділильного столу і ділильної стійки, в тому числі із застосуванням задньої бабки для надійного закріплення, при фрезеруванні гвинтових канавок і інший фрезерної обробки деталей типу «вал»[3].

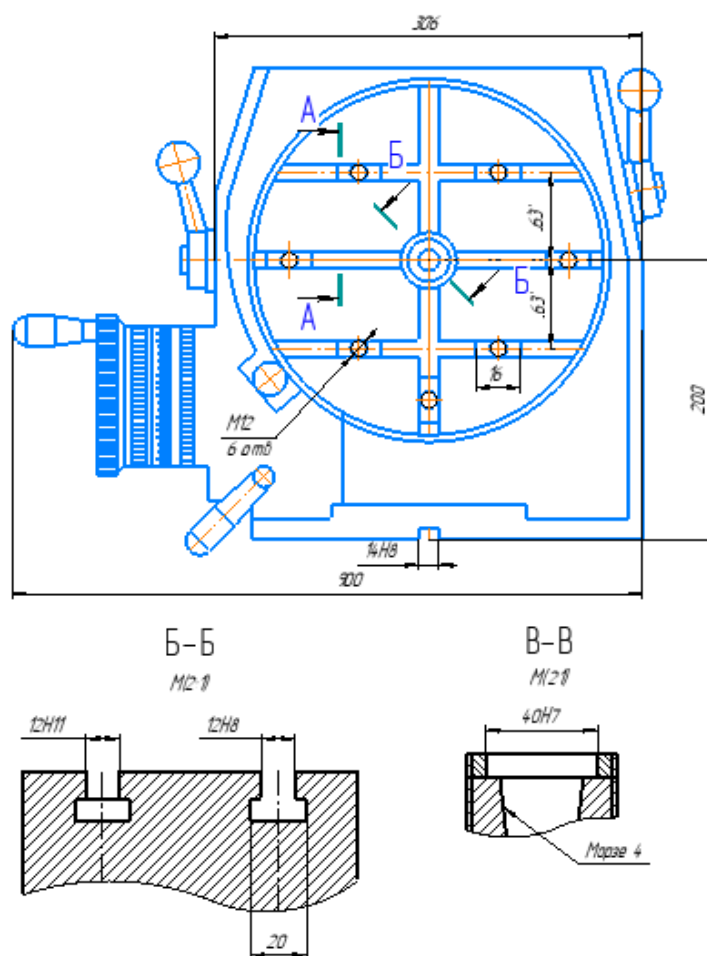


Рисунок 3.1 - Стіл поворотний горизонтально-вертикальний.

Стіл складається (рис. 3.2) з корпусу 1, планшайби 2, черв'ячного колеса і черв'яка. Обертання здійснюється за допомогою черв'ячної пари, вручну ручкою маховика. Положення планшайби фіксується за допомогою двох рукояток 6, і ексцентрикових затискачів. регулювання радіального зазору, введення та виведення з зачеплення черв'яка з червяним колесом здійснюється поворотом ексцентриковій втулки 8. Відлік кута повороту планшайби здійснюється за шкалою планшайби або по лімбу. ділильні диски з отворами, що входять в комплект столу, використовуються для відліку поділок[4].

Для кращої жорсткості і надійності сам поворотний стіл підпирається спеціальним кутником 4, який двома гвинтами пригвинчується до фрезерного стола, а ще одним до самого поворотно горизонтально-вертикального стола базуючись шпонковим пазом.

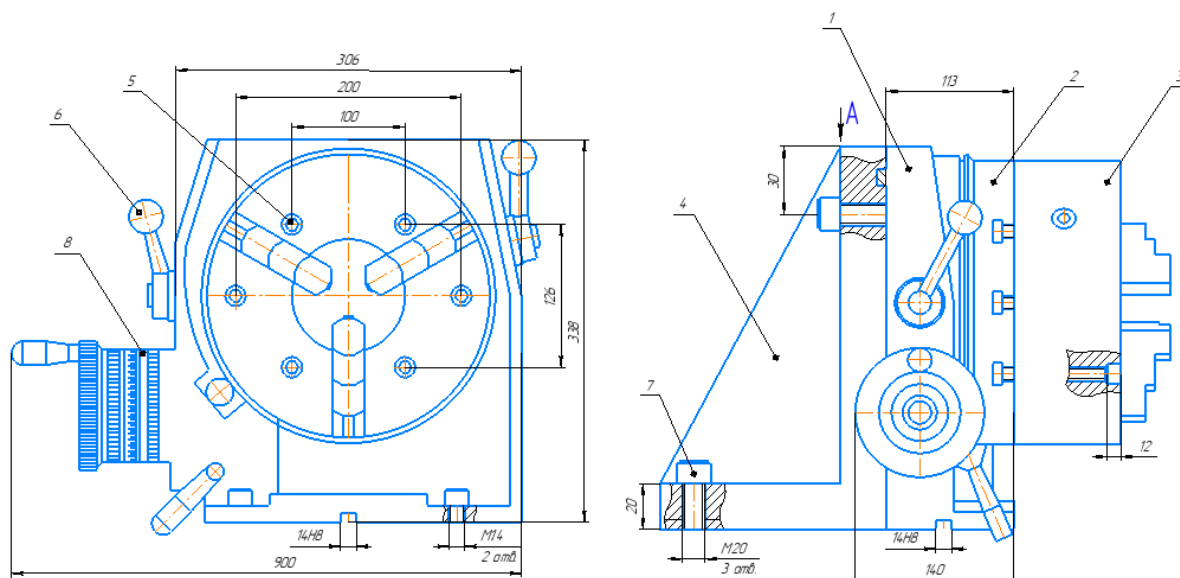


Рисунок 3.2 - Стіл поворотний горизонтально-вертикальний із кутником.

1 - корпус, 2 - планшайба, 3 – трьохкулачковий патрон, 4 – кутник, 5 – гвинти для закріплення патрона, 6 – рукоятки, 7 – болти для закріплення кутника і стола, 8 – ексцентриковій втулки ,

### 3.2 Розрахунок сили затиску трьохкулачкового патрона.

При затисканні заготовки циліндричної форми в трьохкулачковому патроні враховуються така сила як сила затиску на кожному із кулачків, щоб її знайти ми використовуємо такі формули:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



$$W = k \cdot P_z \cdot \frac{\sin(\alpha / 2)}{z \cdot f} \cdot \frac{D_1}{D}$$

$$W_{\text{сум}} = W \cdot z$$

де  $W$  – сила затиску одним кулачком патрона;

$P_z$  - тангенціальна складова сили різання;

$P_z$  - 215Н;

$z$  - число кулачків патрона;

$z$  -3;

$D$  - діаметр затиснутої поверхні деталі;

$D$  - 40мм;

$D_1$  - діаметр оброблювальної поверхні деталі;

$D_1$  - 60мм;

$L$  - відстань від середини затиснутої частини деталі до місця прикладення зусилля різання  $P_z$ ;

$L$  - 26 мм;

$f$  - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях призм або кулачків залежно від виду поверхні,(0,3...0,5);

$k$  - коефіцієнт запасу, величина яка залежить від відношення  $\frac{L}{D}$

при  $\frac{L}{D} = (0,5; 1; 1,5; 2)$  коефіцієнт запасу рівний  $k = (1; 1,5; 2,5; 4)$ .

Сила затиску на кожному із кулачків:

$$W = 1,5 \cdot 215,15 \cdot \frac{\sin(90^\circ / 2)}{3 \cdot 0,4} \cdot \frac{60}{40} = 285,25 \text{ Н}$$

Сила затиску патрона:

$$W_{\text{сум}} = 285,25 \cdot 3 = 855,75 \text{ Н}$$

Для обробки операції фрезерування пазів для встановлення пластин в картриджах було підібрано таке пристосування як стіл поворотний горизонтально-вертикальний для можливості закріпити деталь у горизонтальному положенні на оброблювальному центрі LITZ CV-800. Для кращої жорсткості в установці поворотного стола було проведено модифікацію,

						Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

добавкою знімального кутника який кріпиться одночасно до поворотного столу і столу верстата.

						Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТИ З ЧПК

### 4.1 Станки з числовим програмним керуванням

Для виготовлення модульного різця було використано токарний верстат 16К20Ф3 і вертикальний обробний центр LITZ CV-800 однією із головних особливостей даних верстатів є наявність числового програмного керування «ЧПК» яке дозволяє більш якісно і автоматизовано виготовляти деталі. На сьогоднішній день майже всі верстати оснащені ЧПК, щоб керувати такими верстатами достатньо написати код керуючої програми під той станок за яким будуть проводитись роботи і перенести його із цифрового носія на пульт керування станка.

### 4.2 Розробка керуючої програми на верстат з чпк

Для написання програми на станки було використано програму Autodesk Fusion 360 Manufacture (4.1). Програма містить бібліотеку в якій можна підібрати потрібний станок для того щоб під нього була написана іменно та керуюча програма з якою зможе працювати станок.

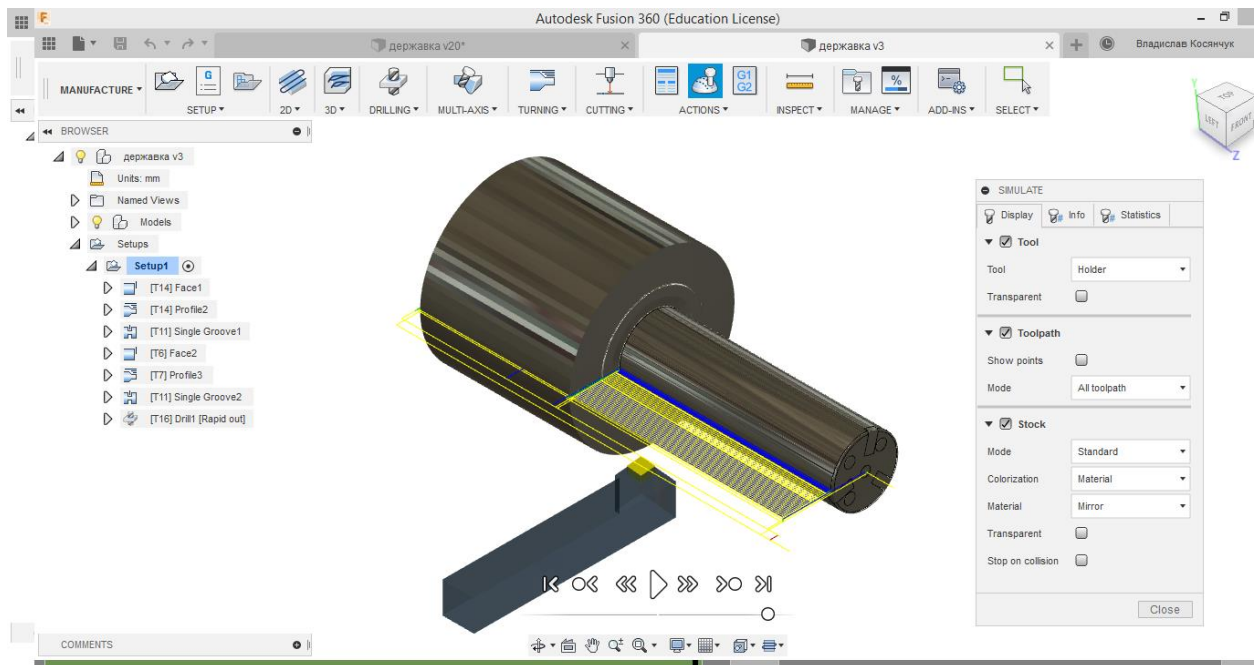


Рисунок 5.1 Autodesk Fusion 360 Manufacture

Із розмірів розробляемого інструмента було виконано 3D модель. Завдяки якій можна моделювати ті чи інші процеси обробки деталі. До кожного із

					Лист
					44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

станків було окремо з модельовано процес обробки деталі, і згенерованно керуючу програму на станки.

						Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5 АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РОБОТІ ІНСТРУМЕНТУ

### 5.1 Сили різання

При токарній обробці будь якої деталі, на інструмент впливають такі сили як тангенціальна сила різання  $P_z$ , радіальна сила різання  $P_y$ , і осьова сила різання  $P_x$  (рис. 5.1). Дія цих сил вагомо впливає на те як інструмент буде поводити себе при роботі і чи взагалі зможе витримати сили прикладені до нього.

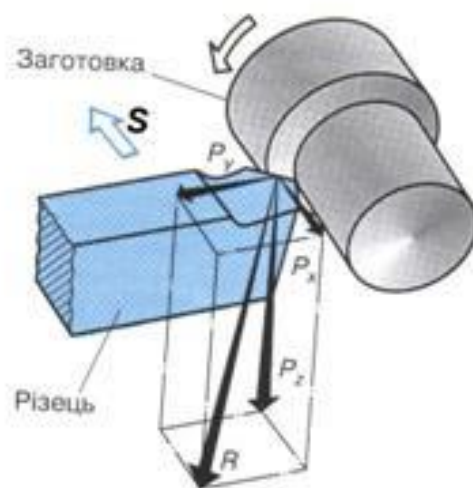


Рисунок 5.1 - Складові сили різання

За для того щоб визначити як на інструмент будуть впливати ці сили було проведено аналіз напружено-деформованого стану за допомогою програми Autodesk Fusion 360. При цьому аналізі було розглянуто такі основні випадки напружено-деформованого стану як:

- загальне напруження;
- деформація зсуву інструмента;
- деформація розтягу інструмента.

### 5.2 Аналіз напружено-деформованого стану

Для проведення аналізу напружено-деформованого стану (рис.5.2), було використано таку інформацію як: матеріал державки та картриджів модульного

						Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

різця – сталь 40Х; матеріал різальної пластини – Т15К6; кріплення картриджа до державки – гвинтове кріплення; Значення сил різання –  $P_z$  151Н,  $P_y$  78Н,  $P_x$  53Н, значення взяті з (п 5.2.1).

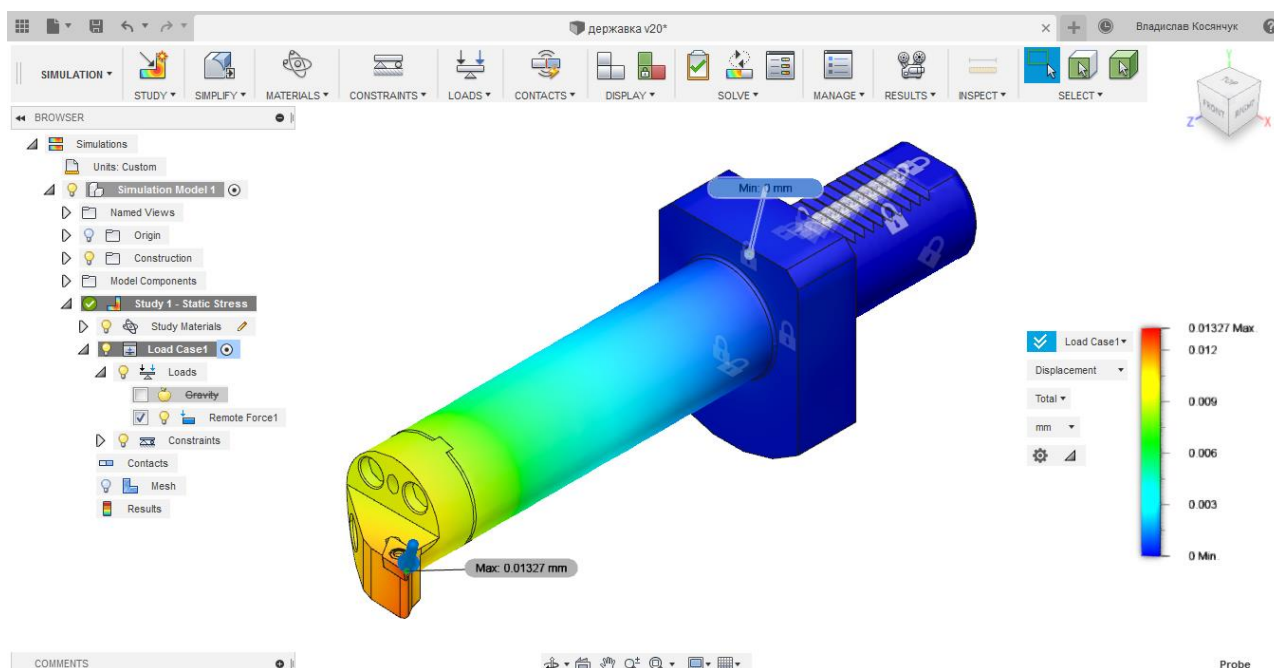


Рисунок 5.2 Аналіз напружено-деформованого стану

### 5.2.1 Розрахунок сил різання $P_z$ , $P_y$ , $P_x$

Методика розрахунку

Токарна

Чистове обточування робочої частини.

Матеріал – Сталь 45

Устаткування – HAAS ST20Y

Інструмент – Модульний різець Т15К6, (ст.119 табл. 4[2]).

Глибина різання – 0,2мм

Подача:  $S = 0.13$  мм/об[стор.268,табл. 14 [2]].

Розраховуємо величину швидкості різання

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x}$$

$C_v = 420$ ;  $x = 0.15$ ;  $y = 0.20$ ;  $m = 0.2$ ; (табл. 17 [2])

						Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$T$  - період стійкості різця,  $T = 60$  хв;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{ov}$$

$K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$  - для даних умов не враховуються.

$K_{mv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [2]),

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^n = \left( \frac{750}{700} \right)^{0.3} = 1,07$$

$K_{nv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$$K_{nv} = 0,9 \text{ (табл. 5 [2])};$$

$K_{uv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$$K_{uv} = 1,0 \text{ (табл. 6 [2])};$$

$$K_v = 1,07 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,96$$

$$V = \frac{420 \cdot 0,96}{60^{0,2} \cdot 0,13^{0,20} \cdot 0,2^{0,15}} = 340,36 \text{ м/хв}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 125}{\pi \cdot 110} = 984,90 \text{ хв}^{-1}$$

Тангенціальна сила різання  $P_z$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$C_p = 300; x = 0,1; y = 0,75; n = -0,15; \text{ (табл. 22 [2])}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,2^{0,1} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 340,35^{-0,15} \cdot 0,9 = 190,51 \text{ Н}$$

Радіальна сила різання  $P_y$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3; \text{ (табл. 22 [2])}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,8^{0,6} \cdot 340,35^{-0,3} \cdot 0,9 = 78,17 \text{ Н}$$

Осьова сила різання  $P_x$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$C_p = 339; x = 1; y = 0,5; n = -0,4; \text{ (табл. 22 [2])}$$

						Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$P_y = 10 \cdot 339 \cdot 0.2^{0.1} \cdot 0.8^{0.5} \cdot 340.35^{-0.4} \cdot 0.9 = 52.99H$$

### 5.3 Результати проведеного аналізу

Дія сили  $P_z=190H$ .

- Напруження на інструмента: max: 26.73mPa. min: 4.3E-15mPa.
- Деформація зсуву інструмента: 0,01638mm.
- Деформація розтягу інструмента: 2.20E-04.

Дія сили  $P_y=78H$ .

- Напруження інструмента: max: 10.03mPa. min: 8.09E-16mPa.
- Деформація зсуву інструмента: 0.006108mm.
- Деформація розтягу інструмента: 9.40E-05mPa. max: 0.

Дія сили  $P_x=53H$ .

- Напруження інструмента: max: 8.912mPa. min: 4.11E-16mPa.
- Деформація зсуву інструмента: 0,001497mm.
- Деформація розтягу інструмента: min: 1.14E-04mPa. max: 0

З результатів які було отримано можна скласти висновок що розробляємий інструмент справляється з навантаженнями та деформаціями які були задіяні при процесі роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя Т.1 / Р.К. Мещеряков. - М.: Машиностроение, 1986.-656с.
2. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя Т.2 / Р.К. Мещеряков. - М.: Машиностроение, 1985.-496с.
3. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков – Л.: Машиностроение, 1975. –655с.
4. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 303с.
5. Каталоги Sandvik Coromant, ISCAR, SECO, Walter Tools, Mitsubishi Carbide
6. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений – М.:Высшая школа, 1980. – 240с.
7. Блюмберг В.А. Справочник фрезеровщика – Л.: Машиностроение, 1984. – 288с.
8. Болотин Х.Л. Станочные приспособления. – М.: Машиностроение, 1973. – 344с.
9. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 303с.
10. <https://prompriem.ru/stati/stal-40x.html>;
11. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/general-turning/pages/how-to-apply-coolant-and-cutting-fluid-in-turning.aspx>;
12. <https://studfiles.net/preview/7085846/page:2/>;
13. [http://texinfo.inf.ua/razdeli/reg\\_instr/rezci\\_2.html](http://texinfo.inf.ua/razdeli/reg_instr/rezci_2.html);
14. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/machine-tooling-solutions/tooling-considerations/pages/modular-solutions.aspx>;
15. [https://www.mylascnc.com/en/tech/tech\\_detail-2.htm](https://www.mylascnc.com/en/tech/tech_detail-2.htm);
16. <http://www.evermore-tools.com/products09.htm>;
17. [http://big-daishowa.com/big-hsk\\_index.php](http://big-daishowa.com/big-hsk_index.php);

						Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

18. <https://toolholderexchange.com/hsk-tool-holders/>.

						Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ДОДАТКИ

						Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Додаток А. Керуюча програма для версата з ЧПК

Код керуючої програми на верстат 16КФ3

%

O1001

N10 G98 G18

N11 G21

N12 G50 S6000

N13 M31

N14 G53 G0 X0.

(Face1)

N15 T1414

N16 G99

N17 M22

N18 G97 S261 M3

N19 G54

N20 M8

N21 G0 X130. Z5.

N22 G50 S5000

N23 G96 S107 M3

N24 G0 Z-0.586

N25 X110.

N26 G1 X102.828 F0.127

N27 X100. Z-2.

N28 X-0.794

N29 X2.035 Z-0.586

N30 G0 X130.

N31 Z5.

N32 G97 S261 M3

(Profile2)

N33 G0 X120. Z5.

N34 G50 S5000

N35 G96 S107 M3

N36 G0 Z-1.586

N37 X102.315

N38 G1 X92.828 F0.127

N39 X90. Z-3.

N40 Z-131.397

N41 X100.

N42 X104.

N43 G0 Z-1.586

N44 X82.828

N45 G1 X80. Z-3. F0.127

						Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N46 Z-131.397  
 N47 X90.  
 N48 X92.828 Z-129.983  
 N49 G0 Z-1.586  
 N50 X72.828  
 N51 G1 X70. Z-3. F0.127  
 N52 Z-131.397  
 N53 X80.  
 N54 X82.828 Z-129.983  
 N55 G0 Z-1.586  
 N56 X62.828  
 N57 G1 X60. Z-3. F0.127  
 N58 Z-131.058  
 N59 G18 G3 X61.157 Z-131.397 I-0.397 K-1.339  
 N60 G1 X70.  
 N61 X72.828 Z-129.983  
 N62 G0 Z-1.586  
 N63 X53.771  
 N64 G1 X50.942 Z-3. F0.127  
 N65 Z-131.  
 N66 X59.206  
 N67 G3 X61.157 Z-131.397 K-1.397  
 N68 G1 X63.985 Z-129.983  
 N69 G0 Z-1.586  
 N70 X44.953  
 N71 G1 X44.713 F0.127  
 N72 X41.885 Z-3.  
 N73 G3 X42. Z-3.397 I-1.339 K-0.397  
 N74 G1 Z-131.  
 N75 X55.942  
 N76 X58.771 Z-129.586  
 N77 G0 Z-1.586  
 N78 X42.363  
 N79 G1 X39.535 Z-3. F0.127  
 N80 X39.768 Z-3.116  
 N81 G3 X40. Z-3.397 I-0.281 K-0.281  
 N82 G1 Z-131.397  
 N83 X42.828 Z-129.983  
 N84 X44.  
 N85 G0 X120.  
 N86 Z5.  
 N87 G97 S283 M3  
 N88 M9  
 N89 G53 X0.

						Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

(Single Groove1)

N90 M1

N91 T1111

N92 G99

N93 M22

N94 G97 S283 M3

N95 G54

N96 M8

N97 G0 X120. Z5.

N98 G50 S5000

N99 G96 S107 M3

N100 G0 Z-132.

N101 G1 X40. F0.0508

N102 X120.

N103 G0 Z5.

N104 G97 S283 M3

N105 M9

N106 G53 X0.

Код керуючої програми на верстат 16КФ3

%

O1001

N10 G98 G18

N11 G21

N12 G50 S6000

N13 M31

N14 G53 G0 X0.

(Face4)

N15 T1414

N16 G99

N17 M22

N18 G97 S261 M3

N19 G54

N20 M8

N21 G0 X130. Z5.

N22 G50 S5000

N23 G96 S107 M3

N24 G0 Z0.414

N25 X110.

N26 G1 X102.828 F0.127

N27 X100. Z-1.

N28 X-0.794

N29 X2.035 Z0.414

N30 G0 X130.

						Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N31 Z5.  
N32 G97 S261 M3

(Profile11)

N33 G0 X120. Z5.  
N34 G50 S5000  
N35 G96 S107 M3  
N36 G0 Z1.414  
N37 X102.315  
N38 G1 X100.828 F0.127  
N39 X98. Z0.  
N40 Z-89.397  
N41 X100.  
N42 X104.  
N43 G0 Z1.414  
N44 X99.328  
N45 G1 X96.5 Z0. F0.127  
N46 Z-89.397  
N47 X98.  
N48 X100.828 Z-87.983  
N49 G0 Z1.414  
N50 X97.828  
N51 G1 X95. Z0. F0.127  
N52 Z-89.397  
N53 X96.5  
N54 X99.328 Z-87.983  
N55 G0 X120.  
N56 Z5.  
N57 G97 S283 M3

(Profile10)

N58 G0 X120. Z5.  
N59 G50 S5000  
N60 G96 S107 M3  
N61 G0 Z0.414  
N62 X102.315  
N63 G1 X92.828 F0.127  
N64 X90. Z-1.  
N65 Z-61.397  
N66 X100.  
N67 X104.  
N68 G0 Z0.414  
N69 X82.828  
N70 G1 X80. Z-1. F0.127  
N71 Z-61.397

						Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



N72 X90.  
 N73 X92.828 Z-59.983  
 N74 G0 Z0.414  
 N75 X72.828  
 N76 G1 X70. Z-1. F0.127  
 N77 Z-61.397  
 N78 X80.  
 N79 X82.828 Z-59.983  
 N80 G0 Z0.414  
 N81 X62.828  
 N82 G1 X60. Z-1. F0.127  
 N83 Z-61.397  
 N84 X70.  
 N85 X72.828 Z-59.983  
 N86 G0 Z0.414  
 N87 X53.01  
 N88 G1 X50.182 Z-1. F0.127  
 N89 Z-61.397  
 N90 X60.  
 N91 X62.828 Z-59.983  
 N92 G0 Z0.414  
 N93 X43.192  
 N94 G1 X40.363 Z-1. F0.127  
 N95 X41.182 Z-1.409  
 N96 G18 G3 X42. Z-2.397 I-0.988 K-0.988  
 N97 G1 Z-61.397  
 N98 X50.182  
 N99 X53.01 Z-59.983  
 N100 G0 Z0.11  
 N101 X40.973  
 N102 G1 X2.035 F0.127  
 N103 X-0.794 Z-1.305  
 N104 X6.137 Z-1.002  
 N105 X6.204 Z-1.  
 N106 X9.033 Z0.414  
 N107 X40.036  
 N108 X37.208 Z-1.  
 N109 G3 X37.768 Z-1.116 I-0.001 K-0.397  
 N110 G1 X39.768 Z-2.116  
 N111 G3 X40. Z-2.397 I-0.281 K-0.281  
 N112 G1 Z-61.397  
 N113 X42.828 Z-59.983  
 N114 X44.  
 N115 G0 X120.  
 N116 Z5.

						Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N117 G97 S283 M3

N118 M9

N119 G53 X0.

(Single Groove1)

N120 M1

N121 T1111

N122 G99

N123 M22

N124 G97 S283 M3

N125 G54

N126 M8

N127 G0 X120. Z5.

N128 G50 S5000

N129 G96 S107 M3

N130 G0 Z-64.

N131 G1 X38. F0.0508

N132 X120.

N133 G0 Z5.

N134 G97 S283 M3

N135 M9

N136 G53 X0.

N137 G53 Z0.

N138 M30

%

Код керуючої програми на верстат LITZ CV-800

%PM1001

N1001 (1001)

N10 (T3 D=4 CR=0 - ZMIN=-4.5 - flat end mill)

N11 (T16 D=4 CR=0 TAPER=135deg - ZMIN=-147 - drill)

N12 G90

N13 G94

N14 G17

N15 G71

N16 G99 X-60 Y-60 Z-232 I120 J120 K242

N17 G98 X-50 Y-50 Z-222 I100 J100 K222

N18 G74 Z0 L1

N19 (2D Pocket1)

N20 M9

N21 T3 M6

N22 T16

N23 S3000 M3

N24 G54

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						58

N25 M8  
 N26 G0 X-16.417 Y15.929  
 N27 G0 Z15  
 N28 G0 Z5  
 N29 G1 Z-4.14 F381  
 N30 G1 X-16.413 Y15.924 Z-4.21  
 N31 G1 X-16.401 Y15.907 Z-4.278  
 N32 G1 X-16.381 Y15.88 Z-4.34  
 N33 G1 X-16.355 Y15.844 Z-4.395  
 N34 G1 X-16.323 Y15.8 Z-4.439  
 N35 G1 X-16.286 Y15.749 Z-4.473  
 N36 G1 X-16.246 Y15.695 Z-4.493  
 N37 G1 X-16.205 Y15.638 Z-4.5  
 N38 G1 X-15.852 Y15.151  
 N39 G1 X-15.811 Y15.104  
 N40 G1 X-14.336 Y13.629 F762  
 N41 G1 X-7.778 Y7.071  
 N42 G1 X-7.071 Y7.778  
 N43 G1 X-13.629 Y14.336  
 N44 G1 X-15.105 Y15.812  
 N45 G1 X-15.153 Y15.853  
 N46 G1 X-15.595 Y16.175  
 N47 G1 X-15.658 Y16.22 Z-4.492  
 N48 G1 X-15.719 Y16.264 Z-4.47  
 N49 G1 X-15.775 Y16.305 Z-4.433  
 N50 G1 X-15.824 Y16.341 Z-4.383  
 N51 G1 X-15.864 Y16.37 Z-4.322  
 N52 G1 X-15.894 Y16.392 Z-4.253  
 N53 G1 X-15.913 Y16.405 Z-4.178  
 N54 G1 X-15.919 Y16.41 Z-4.1  
 N55 G0 Z15  
 N56 G0 X-5.575 Y-22.156  
 N57 G0 Z5  
 N58 G1 Z-4.14 F381  
 N59 G1 X-5.572 Y-22.15 Z-4.21  
 N60 G1 X-5.564 Y-22.131 Z-4.278  
 N61 G1 X-5.55 Y-22.101 Z-4.34  
 N62 G1 X-5.532 Y-22.06 Z-4.395  
 N63 G1 X-5.51 Y-22.01 Z-4.439  
 N64 G1 X-5.484 Y-21.953 Z-4.473  
 N65 G1 X-5.457 Y-21.892 Z-4.493  
 N66 G1 X-5.428 Y-21.827 Z-4.5  
 N67 G1 X-5.196 Y-21.306  
 N68 G1 X-5.176 Y-21.247  
 N69 G1 X-4.635 Y-19.229 F762

						Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N70 G1 X-2.235 Y-10.272  
 N71 G1 X-3.201 Y-10.013  
 N72 G1 X-5.601 Y-18.971  
 N73 G1 X-6.141 Y-20.988  
 N74 G1 X-6.153 Y-21.049  
 N75 G1 X-6.21 Y-21.593  
 N76 G1 X-6.218 Y-21.671 Z-4.492  
 N77 G1 X-6.226 Y-21.745 Z-4.47  
 N78 G1 X-6.233 Y-21.814 Z-4.433  
 N79 G1 X-6.239 Y-21.874 Z-4.383  
 N80 G1 X-6.245 Y-21.924 Z-4.322  
 N81 G1 X-6.248 Y-21.961 Z-4.253  
 N82 G1 X-6.251 Y-21.983 Z-4.178  
 N83 G1 X-6.252 Y-21.991 Z-4.1  
 N84 G0 Z15  
 N85 G0 X21.947 Y6.246  
 N86 G0 Z5  
 N87 G1 Z-4.14 F381  
 N88 G1 X21.94 Y6.246 Z-4.21  
 N89 G1 X21.92 Y6.243 Z-4.278  
 N90 G1 X21.887 Y6.24 Z-4.34  
 N91 G1 X21.842 Y6.235 Z-4.395  
 N92 G1 X21.788 Y6.23 Z-4.439  
 N93 G1 X21.726 Y6.223 Z-4.473  
 N94 G1 X21.659 Y6.216 Z-4.493  
 N95 G1 X21.589 Y6.209 Z-4.5  
 N96 G1 X21.045 Y6.152  
 N97 G1 X20.983 Y6.14  
 N98 G1 X18.971 Y5.601 F762  
 N99 G1 X10.013 Y3.201  
 N100 G1 X10.272 Y2.235  
 N101 G1 X19.229 Y4.635  
 N102 G1 X21.246 Y5.175  
 N103 G1 X21.306 Y5.196  
 N104 G1 X21.805 Y5.419  
 N105 G1 X21.876 Y5.45 Z-4.492  
 N106 G1 X21.945 Y5.481 Z-4.47  
 N107 G1 X22.008 Y5.509 Z-4.433  
 N108 G1 X22.064 Y5.534 Z-4.383  
 N109 G1 X22.109 Y5.554 Z-4.322  
 N110 G1 X22.143 Y5.569 Z-4.253  
 N111 G1 X22.164 Y5.578 Z-4.178  
 N112 G1 X22.171 Y5.581 Z-4.1  
 N113 G0 Z15  
 N114 G17

						Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N115 G74 Z0 L1  
 N116 (Drill1)  
 N117 M9  
 N118 M1  
 N119 T16 M6  
 N120 T3  
 N121 S1528 M3  
 N122 G54  
 N123 M8  
 N124 G0 X0 Y0  
 N125 G0 Z15  
 N126 G17  
 N127 G0  
 N128 G0 Z5  
 N129 G81 Z-144 Y5 B3 F77.6  
 N130 G79 X0 Y0 Z-3  
 N131 G0 Z15  
 N132 (Drill2)  
 N133 G0 X-9.5 Y-9.5  
 N134 G0 Z15  
 N135 G0  
 N136 G0 Z5  
 N137 G81 Z-19.5 Y5 B2.5 F77.6  
 N138 G79 X-9.5 Y-9.5 Z-2.5  
 N139 G79 X9.5 Y-9.5 Z-2.5  
 N140 G79 X9.5 Y9.5 Z-2.5  
 N141 G0 Z15  
 N142 M9  
 N143 G74 Z0 L1  
 N144 M30

						Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Додаток Б Специфікація до робочого креслення модульного різця

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

							Лист
							63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Додаток В Специфікація до пристосування

						Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



							Лист
							65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Додаток Д Операційні карти

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

							Лист
							67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

							Лист
							68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

							Лист
							69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

							Лист
							70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Додаток Е Ескізні карти

						Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

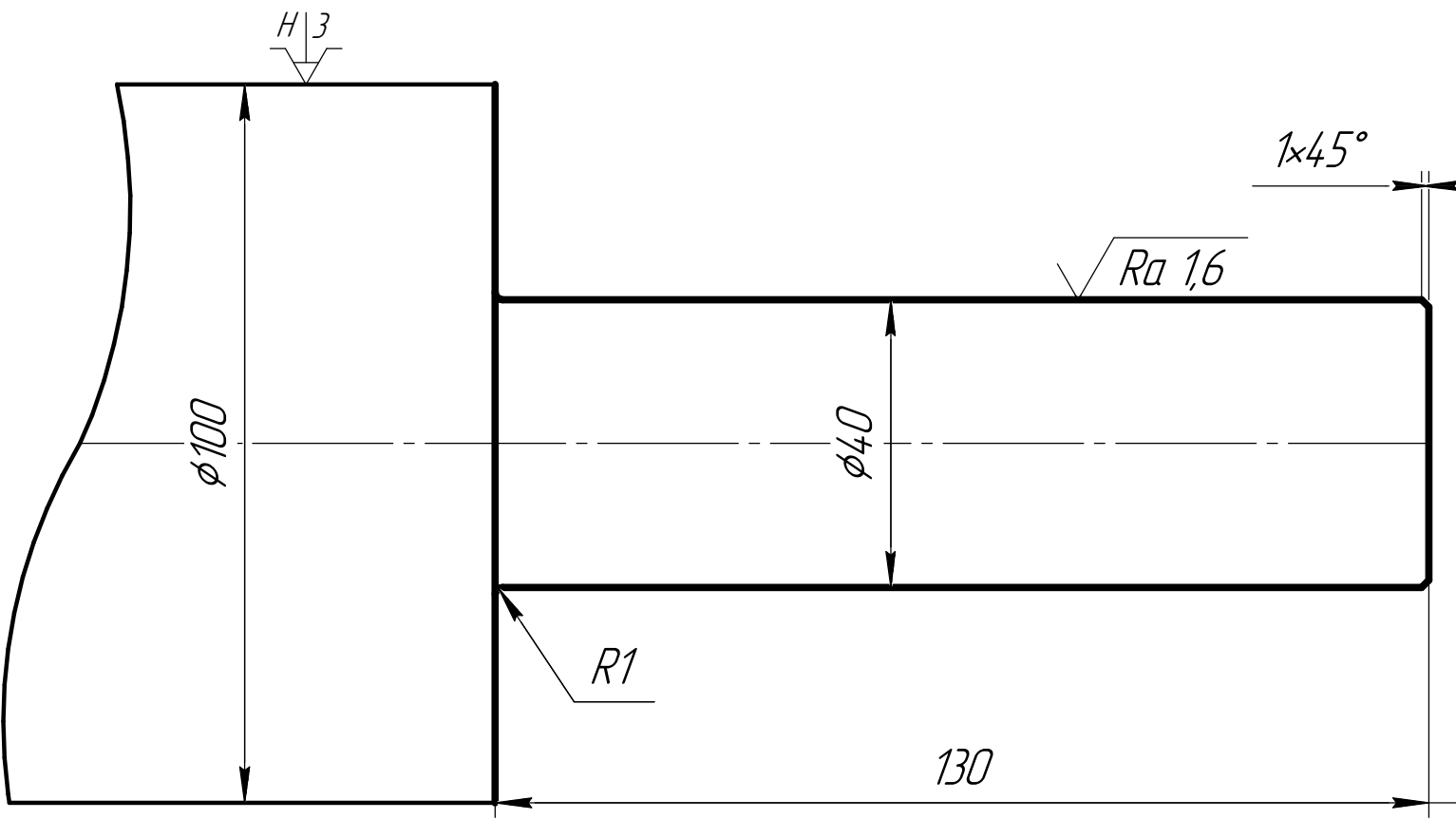
Форм.	Зона.	Поз.	Позначення	Назва	Кол.	Прим
				<u>Документація</u>		
				Складальне креслення	1	
				Деталі		
		1		Державка	1	
		2		Картридж прохідний 55°	1	
		3		Картридж прохідний 35°	1	
		4		Картридж	1	
				канавочно-відрізний		
				Стандартні деталі		
		5		Пластина з кутом 55°	1	
				DCMT 07 02 04-PM 4335		
		6		Пластина з кутом 35	1	
				VBMТ 16 04 08-PM 4335		
		7		Пластина відрізна	1	
				N123J2-0500-0004-TF 4325		
		8		Гвинт M6 DIN912	10	
		9		Гвинт M4 DIN912	2	
		10		Адаптер для подачі MOP	2	
		11		Заглушки	3	
Изм	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата	<div>Різець модульний з механічним кріпленням твердосплавних пластин</div> <div>Лит. Лист Листов</div> <div>н I I</div> <div>КПІ ім. Ігоря Сікорського</div>	
Розроб.	Косянчук В.В.					
Перев.	Джулій Д.Ю.					
Н.контр.						
Затв.	Джулій Д.Ю.					



[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


Разрад	Косянчук В.В.						389216
Провер	Джуніу Д.Ю.						20160
				Державка для модульного різця			ДП
Н.контр.	Джуніу Д.Ю.						005

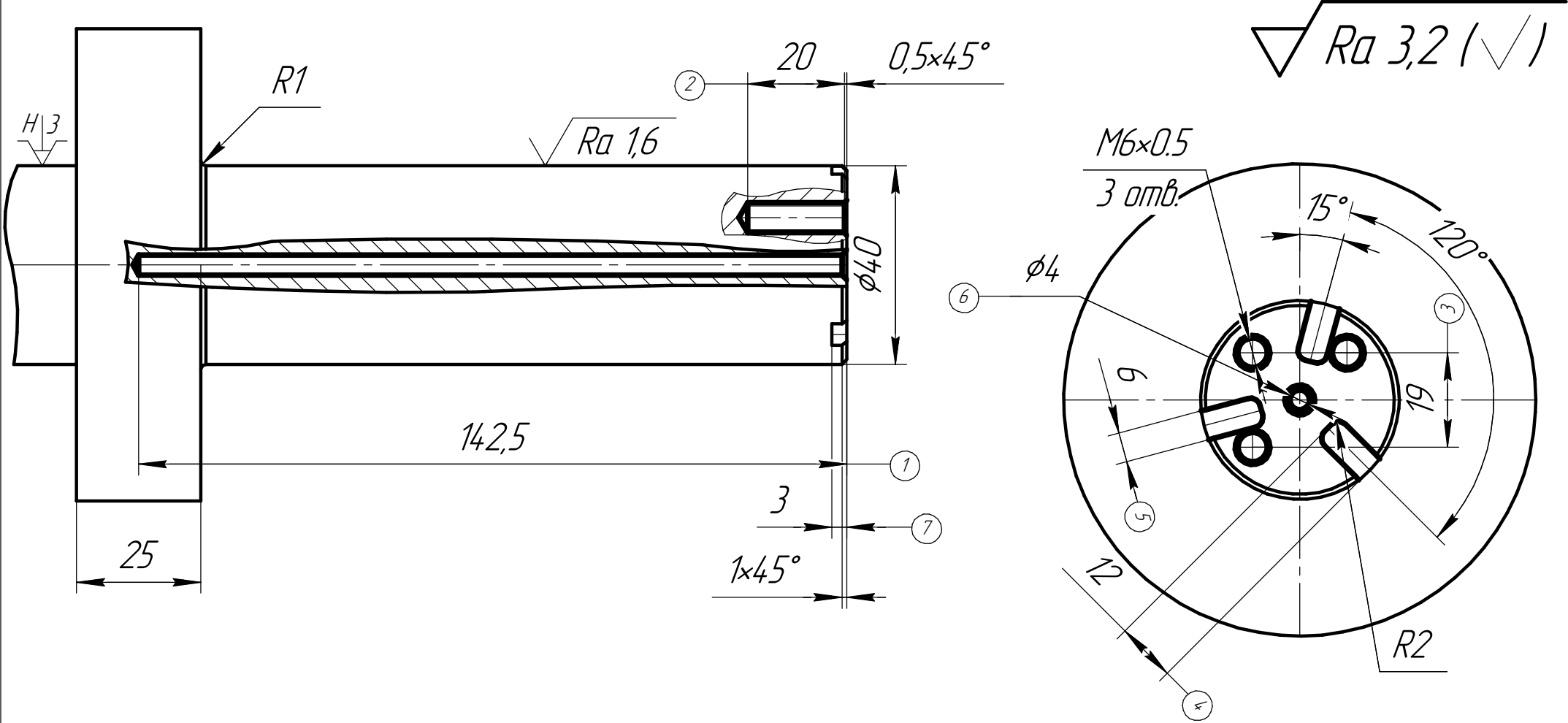


1.  $h14, \pm \frac{IT14}{2}$

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

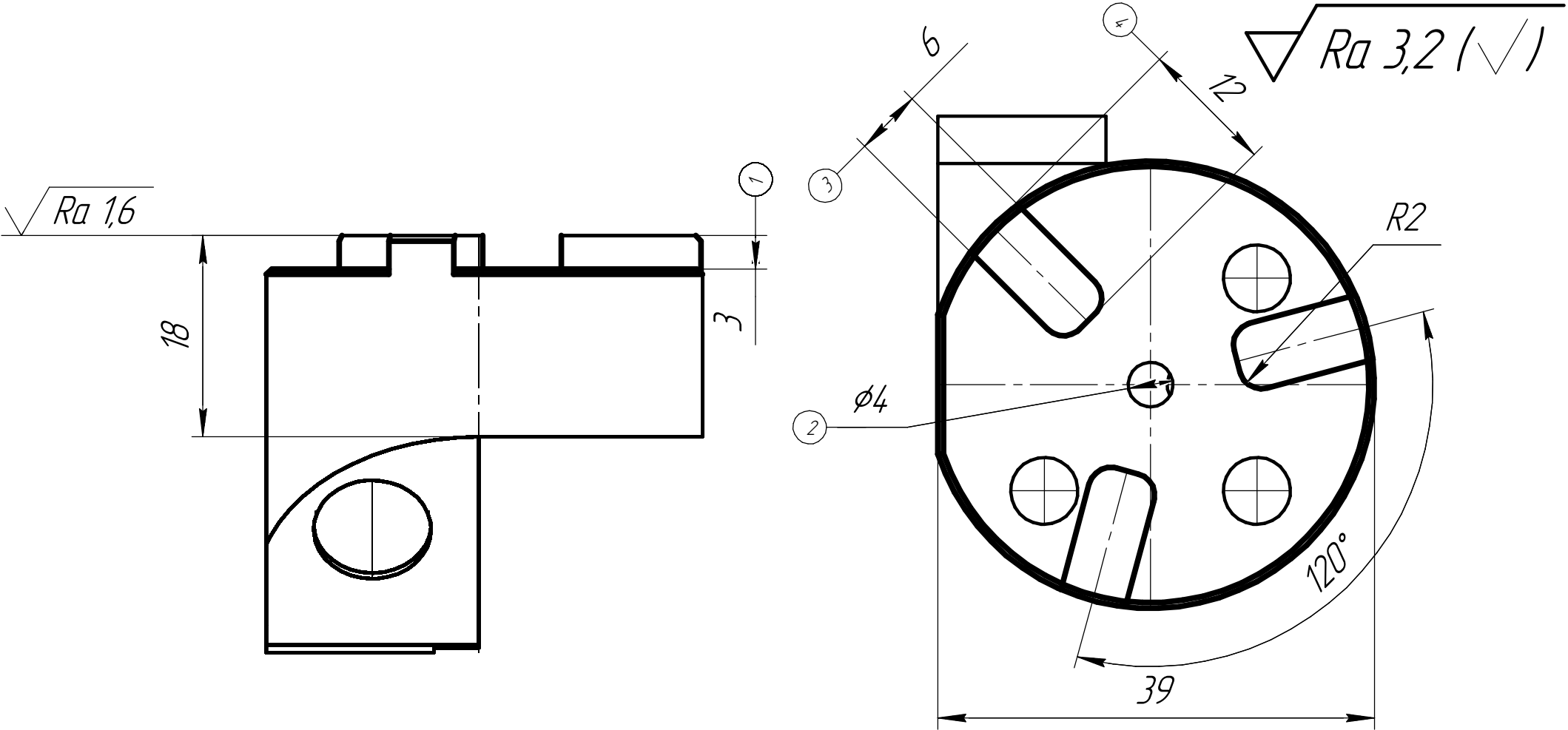

Разраб.	Косянчук В.В.		
Провер.	Джугіш Д.Ю.		
Н.контр.	Джугіш Д.Ю.		

НТУУ КПІ		389216
		20160
Державка для модульного різця		ДП 015



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

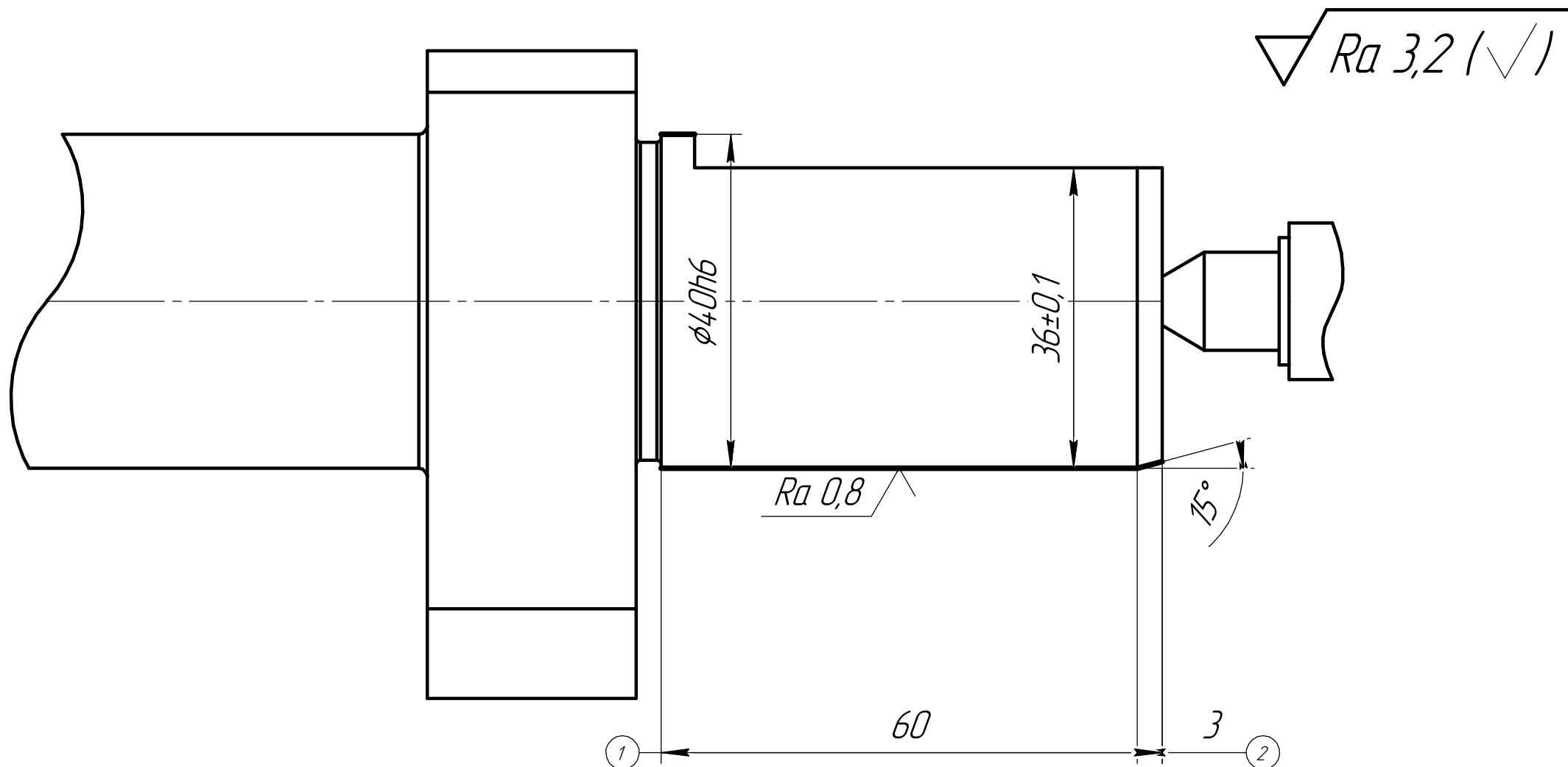

Разраб	Косянчук В.В.			НТУУ КПІ	ДП.5.05050302.04.01.01		389216	
Провер	Джулії Д.Ю.						20160	
Н.контр.	Джулії Д.Ю.			Картридж прохідний з кутом пластини 55°			ДП	015



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

[illegible]

Разраб.	Косянчук В.В.			НТУУ КПІ	ДП.5.05050302.04.01.01		389216	20160		
Провер.	Джупілі Д.Ю.									
				Державка для модульного різця					ДП	035
Н.контр.	Джупілі Д.Ю.									



[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
										ДП.					389216 60146		015		
Р	ПИ						D или B		L	t	i	S	n	V					
01							мм		мм	мм		мм/об	хв. <sup>-1</sup>	м/с					
O02	3. Свердління отвору Ø5.5 на l=20 мм																		
T03	392190 – свердло спіральне ГОСТ 10903-77; 393311 – штангенциркуль ШЦ-I -125-0,1.																		
P04							Ø40		20	2.5	8	0,15	4053	70					
05																			
06																			
O07	4. Нарізати різьбу M6-7H.																		
T08	392190 – мітчик M5-7H; 393311 - калібр-пробка																		
P09							Ø40		20	0,5	1	0,75	440	8.3					
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
OK																			

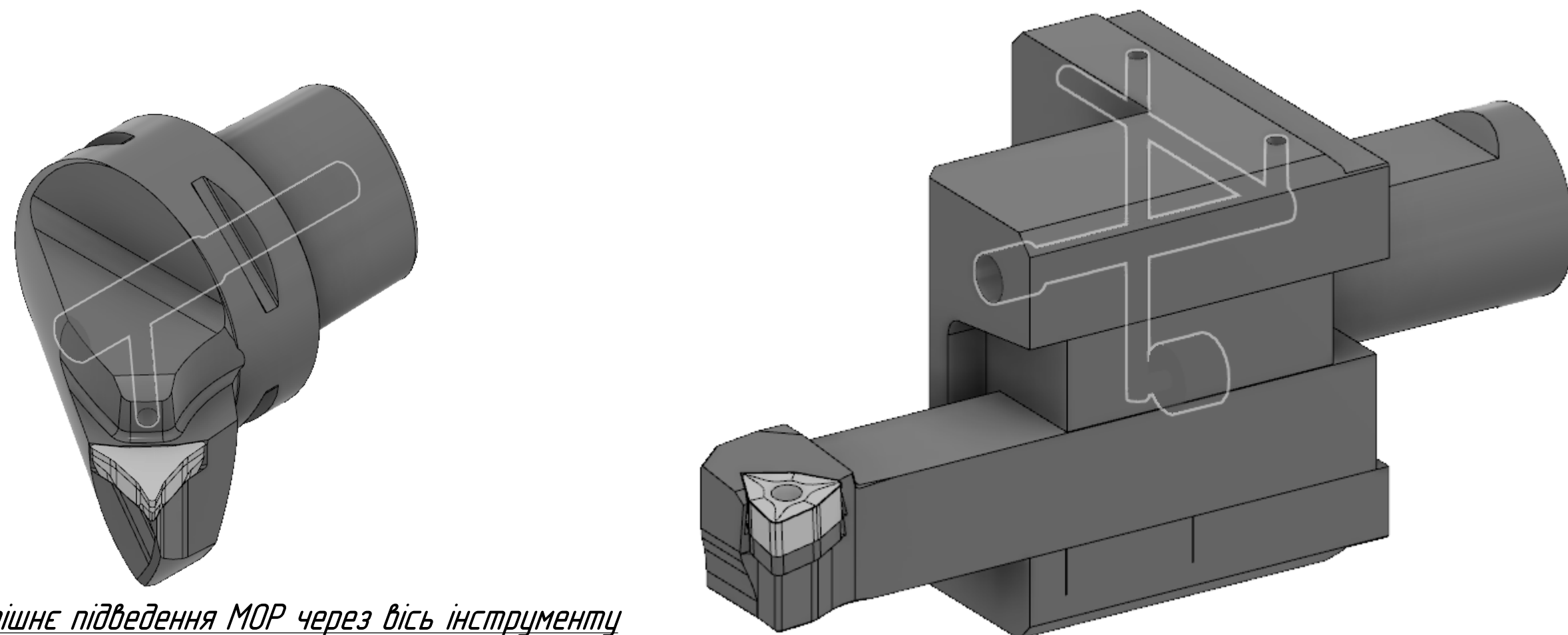


Дубл.			
Взам.			
Подл.			



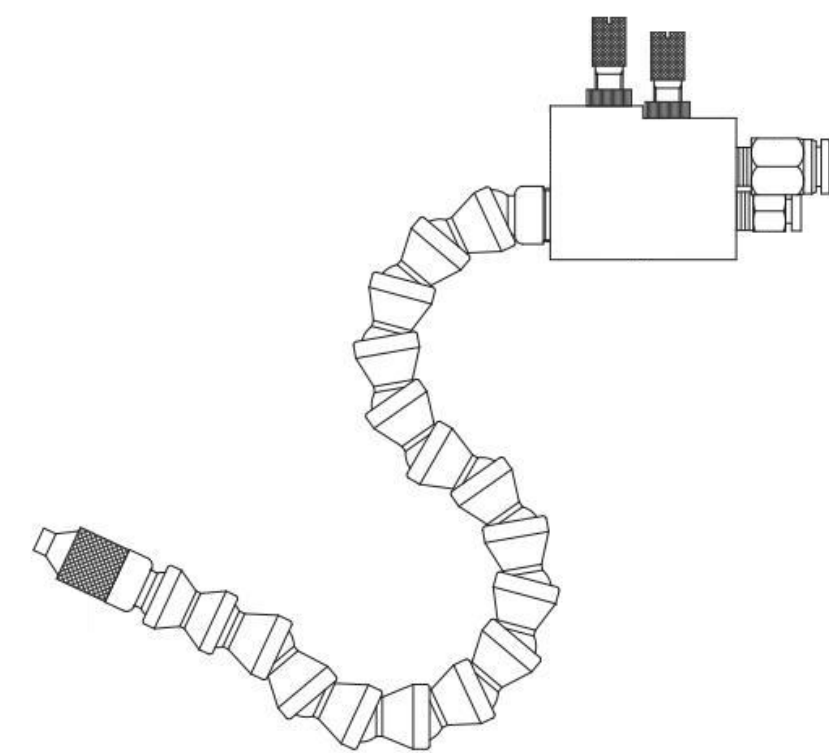
# Синтез конструкції модульного різця

## Схема підведення MOP



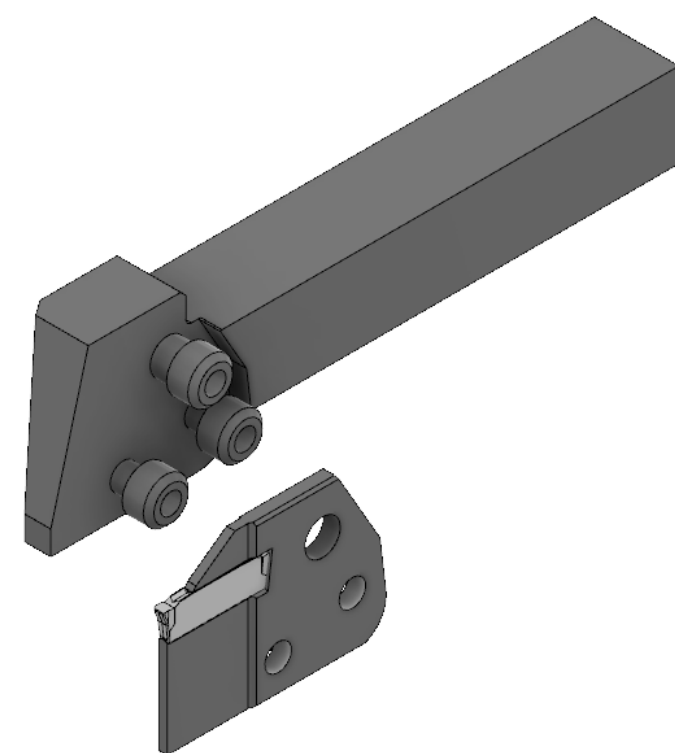
Внутрішнє підведення MOP через вісь інструменту

Подача MOP через різцетримач

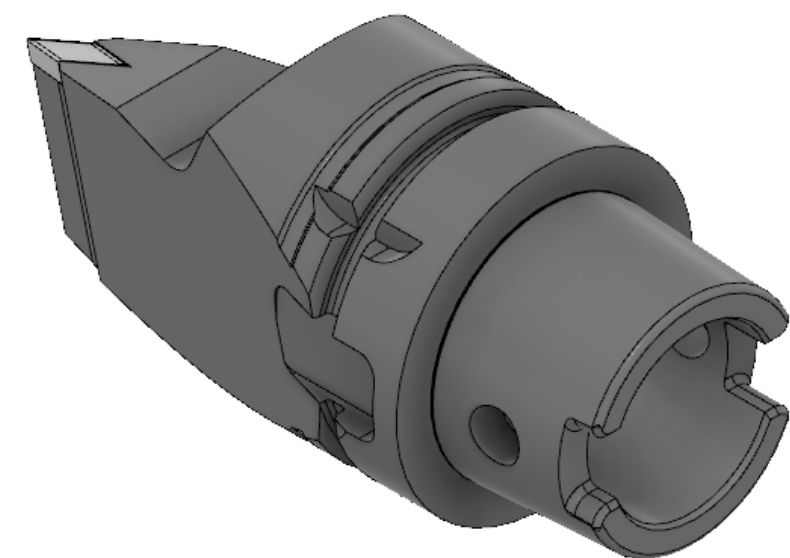


Зовнішня подача MOP через гнучку трубку

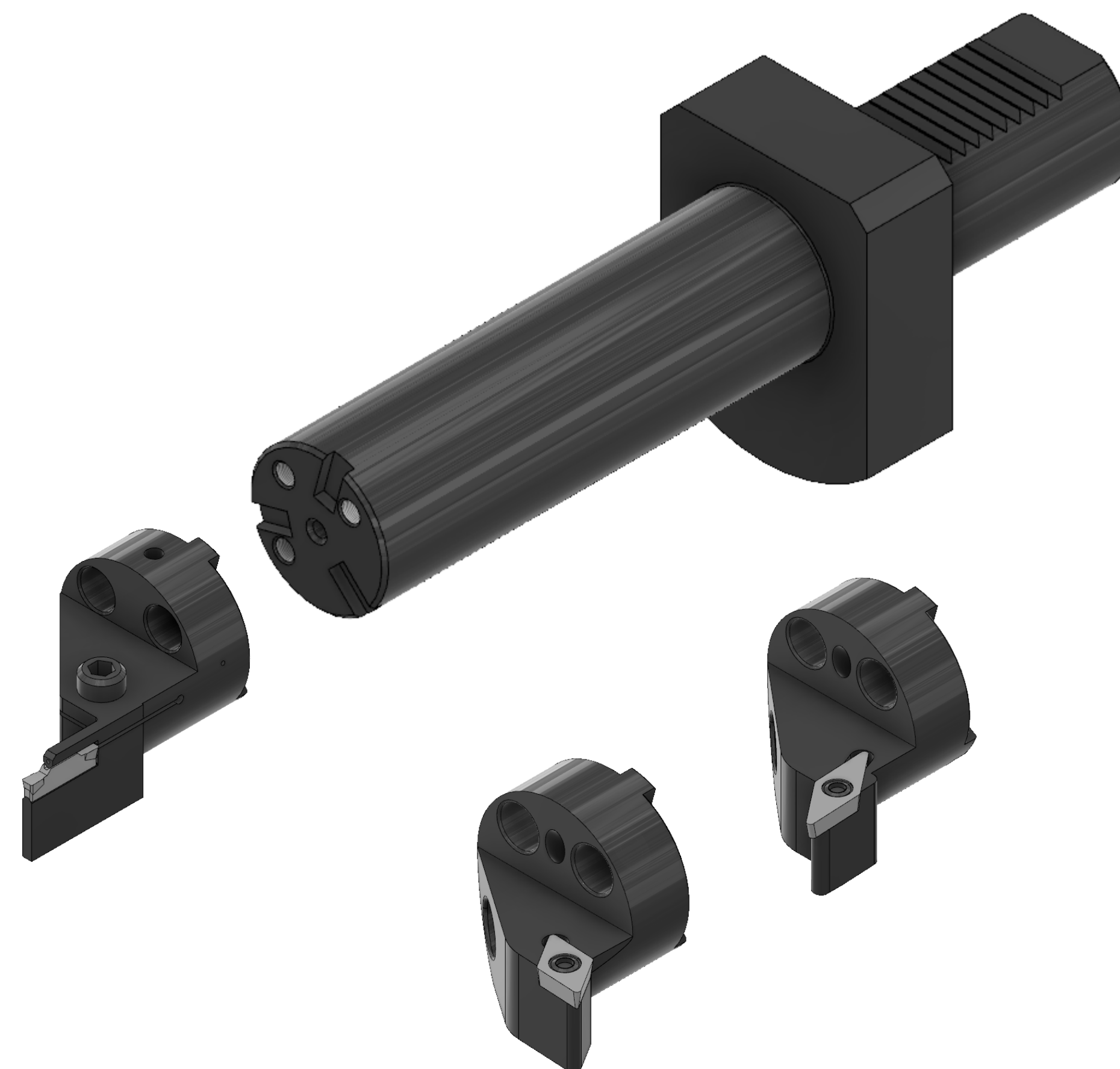
## Схеми кріплення картриджів до державки:



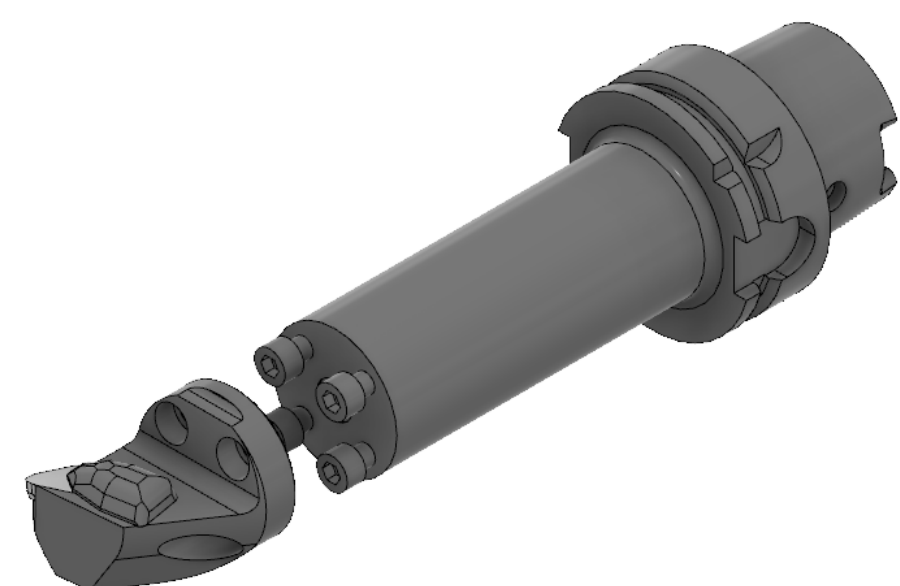
Модульний відрізнний різець  
Змінний адаптер DGAD 2N  
Державка MАНІ 20-JHP-MC



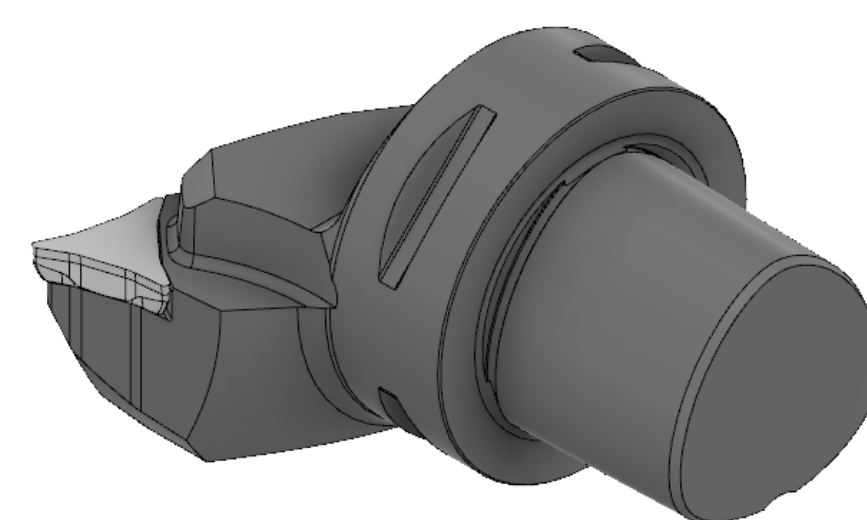
Кріплення за допомогою хвостовика HSK  
Модульна головка A63WH-SVVNN-J12F



## Модульний різець з трьома змінним картриджами

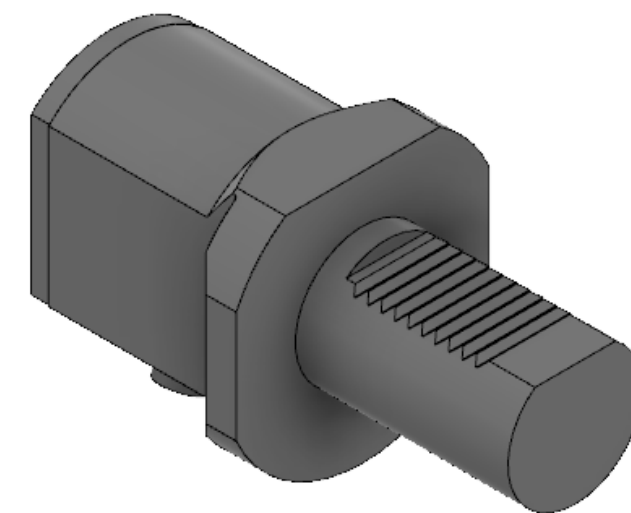


Кріплення за допомогою гвинтів  
Модульна головка SL-CP-25BL-40-11B  
Адаптер HT06-SL400-208 с конусом HSK

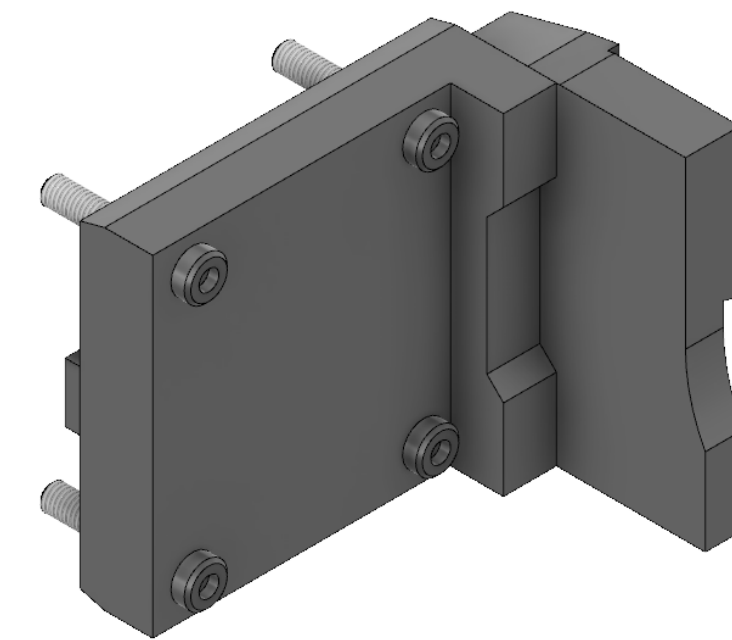


Кріплення за допомогою хвостовика Coromant Capto  
Модульна головка C6-CP-A-30AR50065-11C

## Види різцетримачів

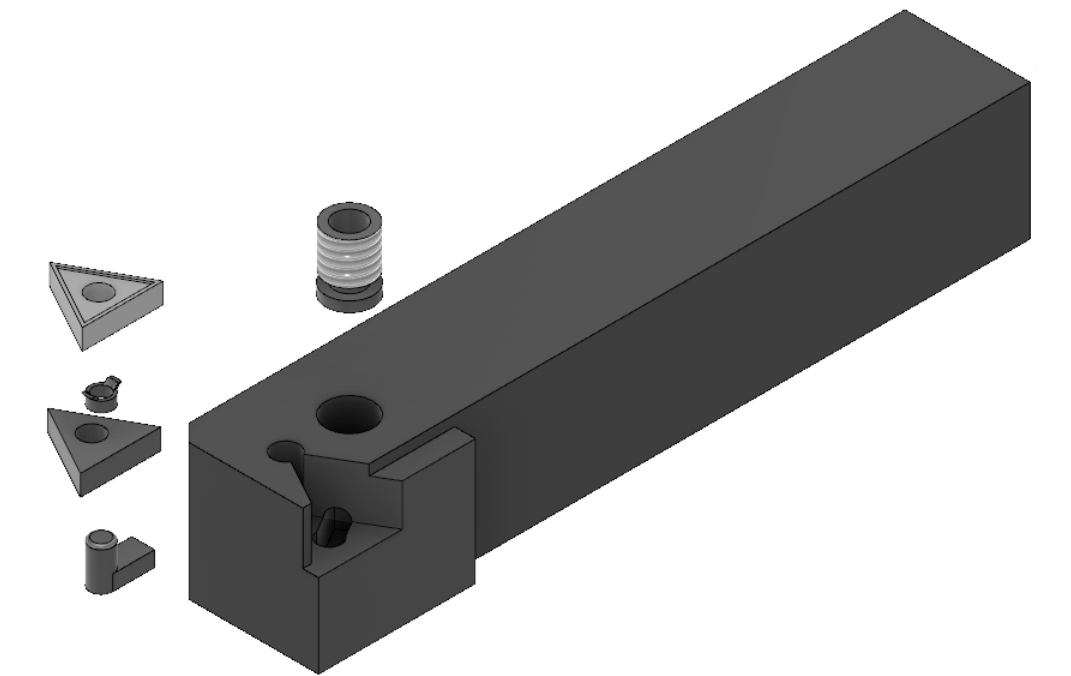


Різцетримач типу: VDI  
Різцетримач VDI C4-LC2040-0005M

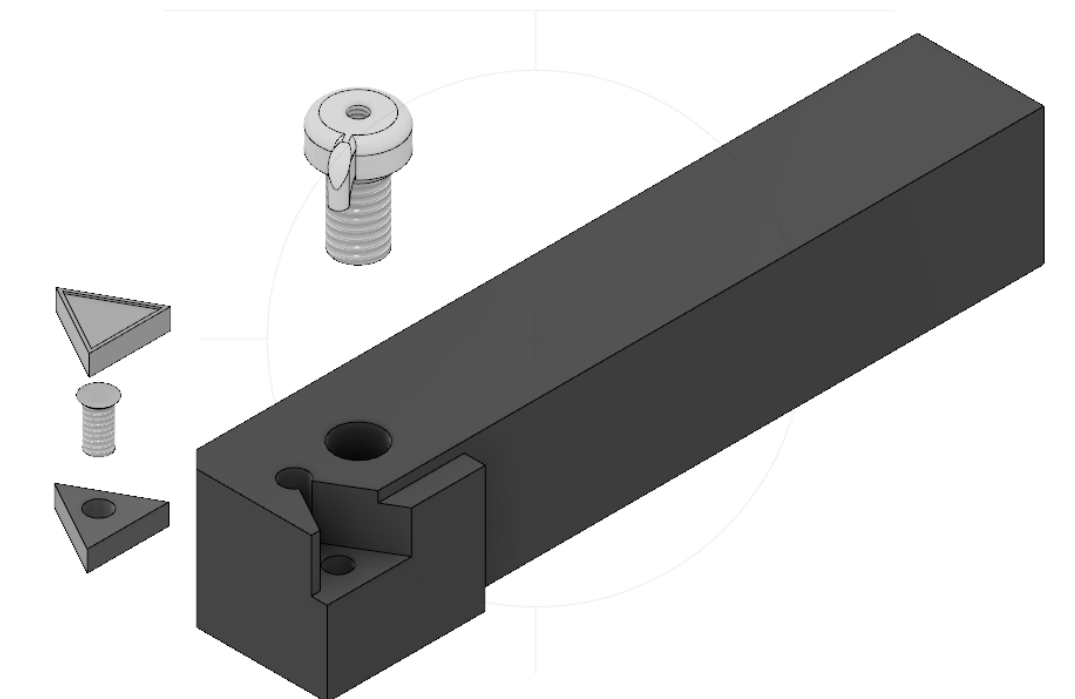


Різцетримач типу: BMT  
Різцетримач BMT APBR-BT65A-25-HP

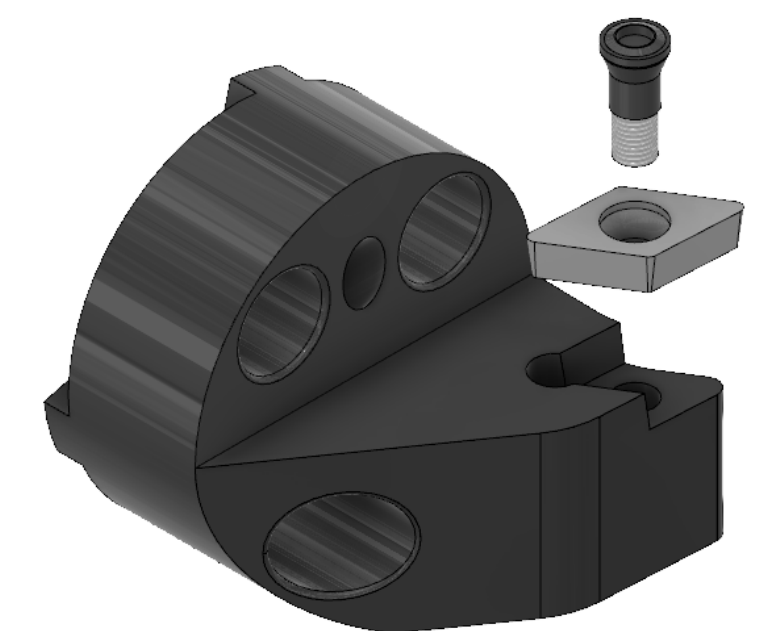
## Схеми кріплень пластин



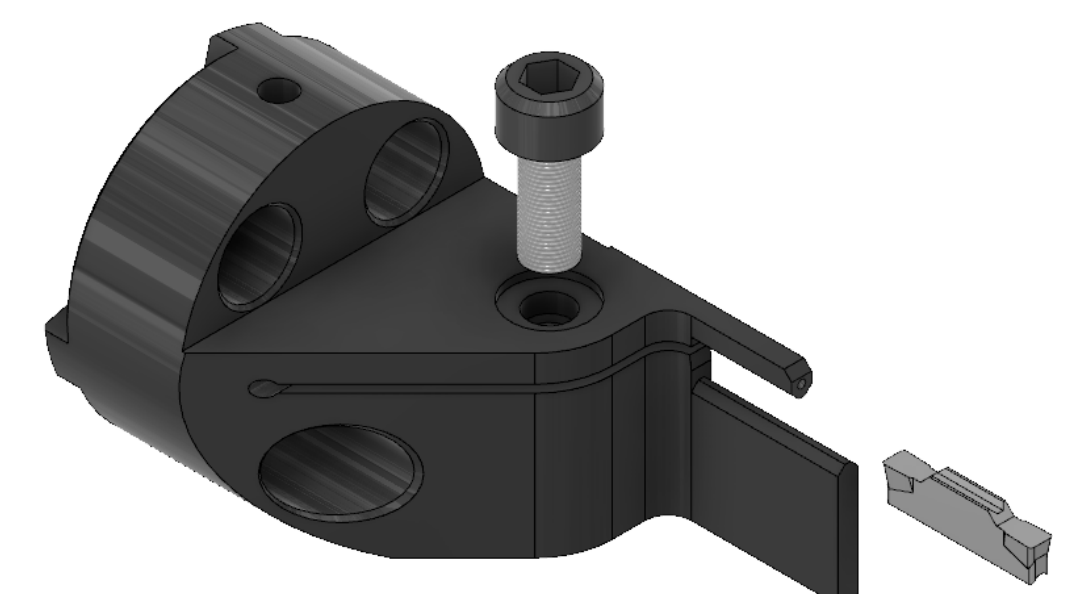
Закріплення пластины вожелем за отвір



Закріплення пластины прихватом зверху

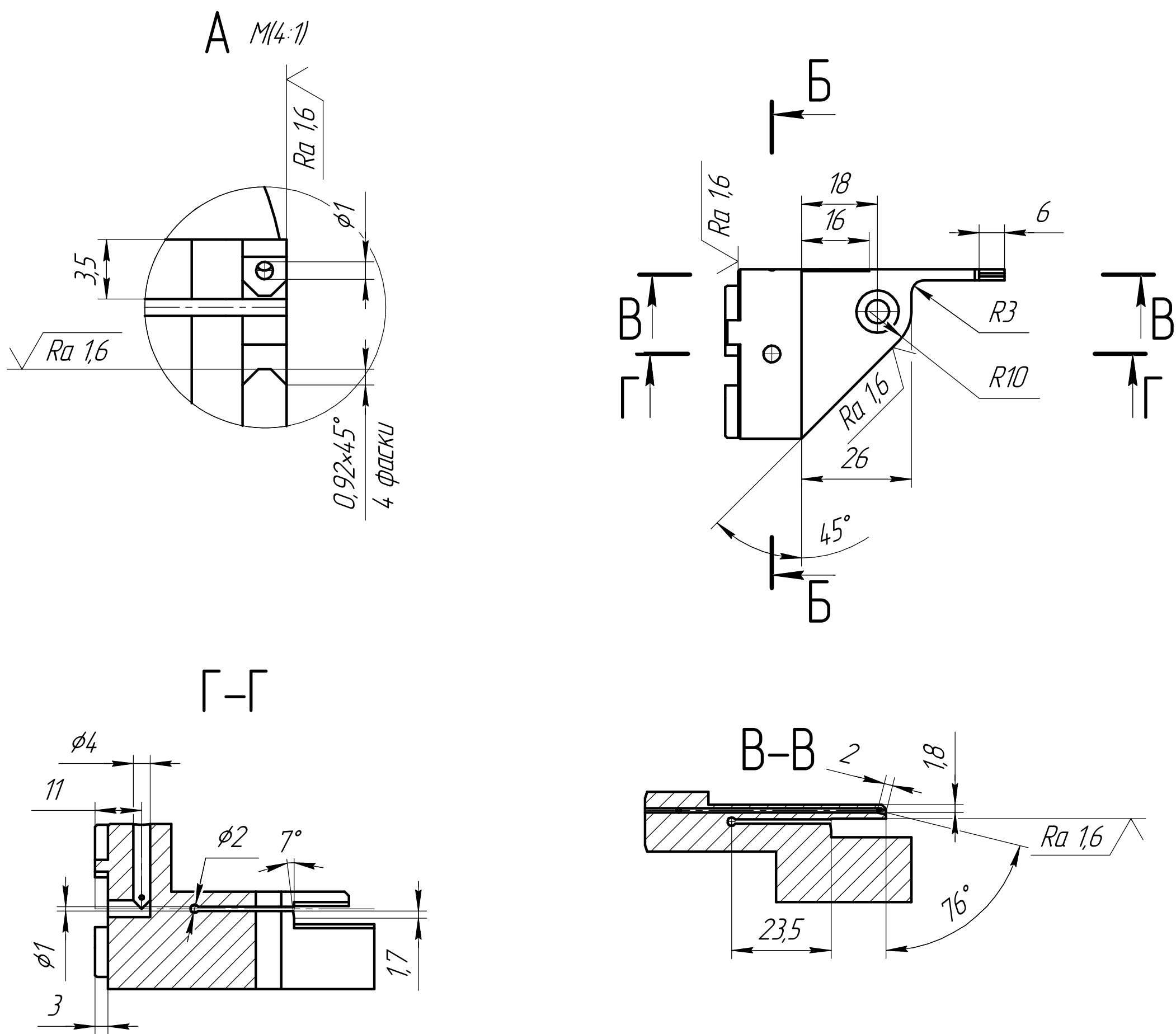
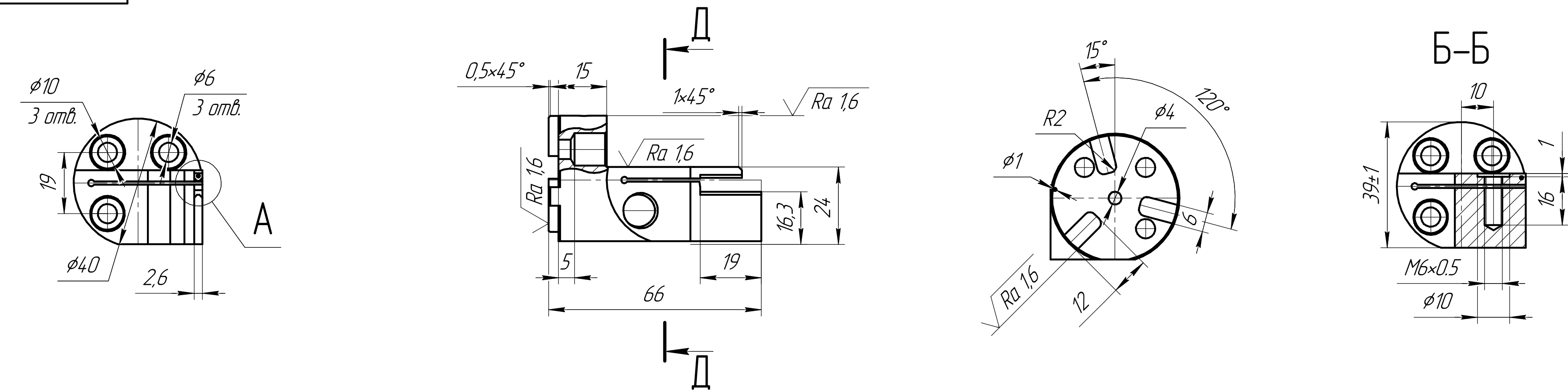


Закріплення пластины гвинтом



Закріплення пластины прижимом

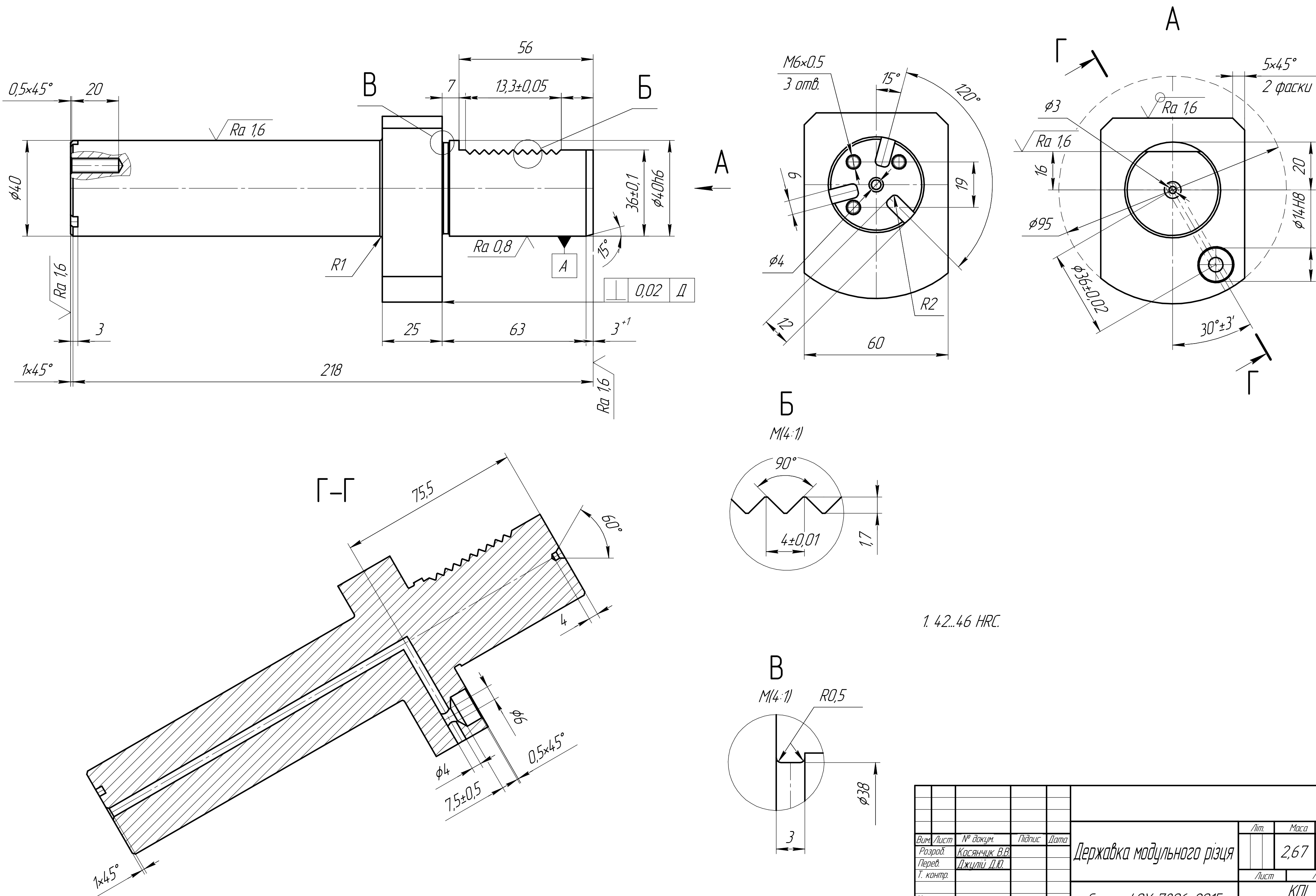
√ Ra 3,2



1. 42...46 HRC.

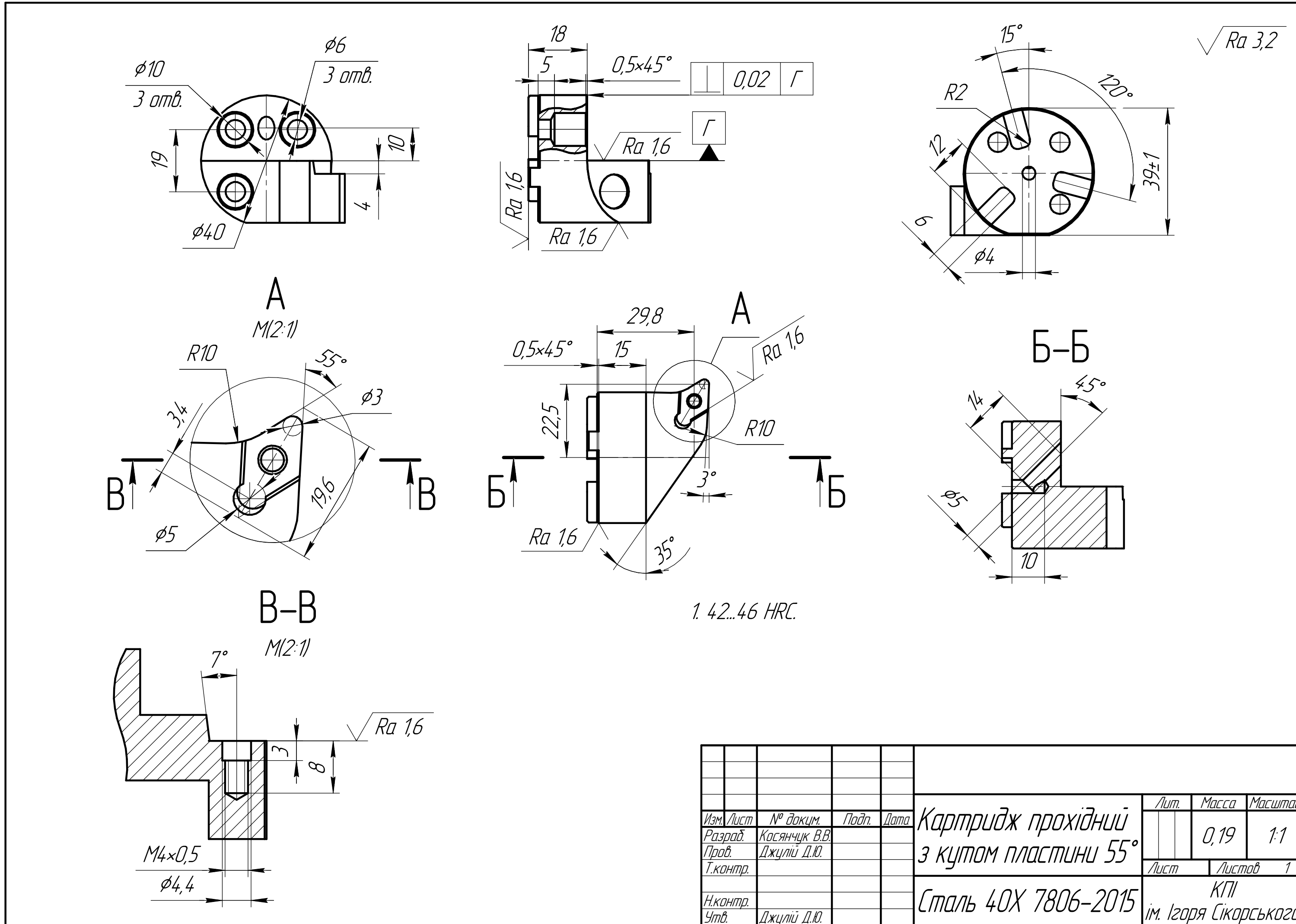
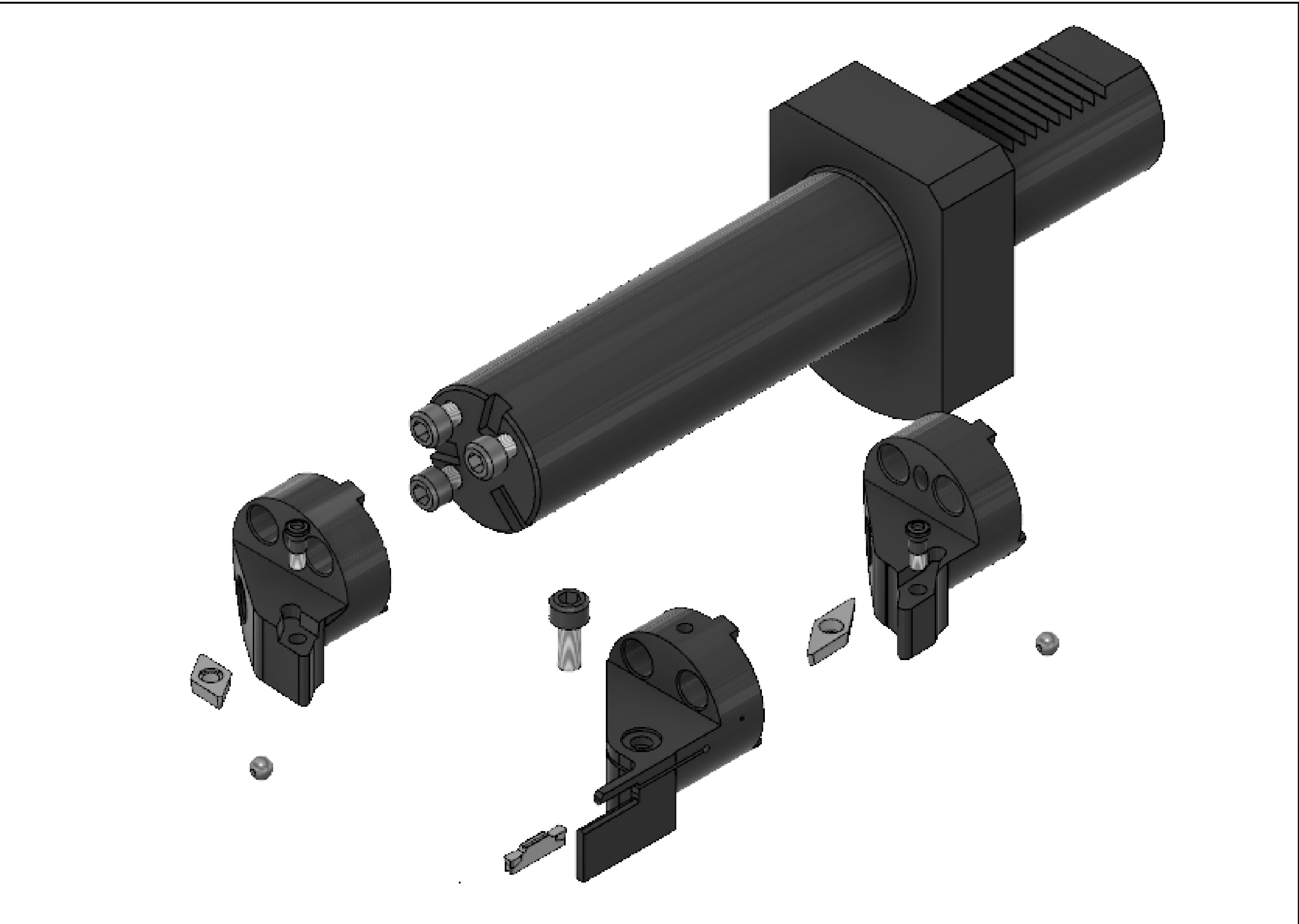
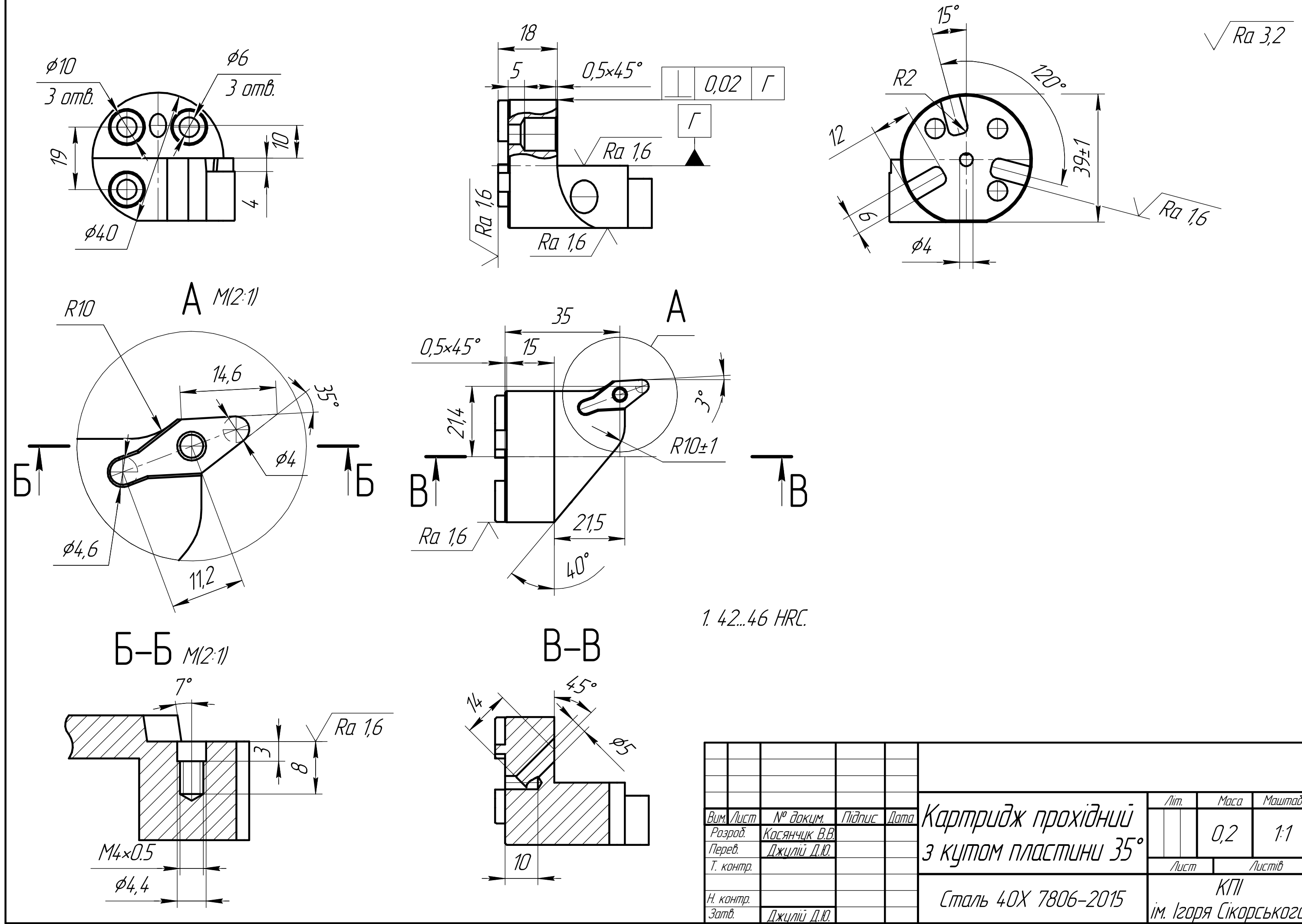
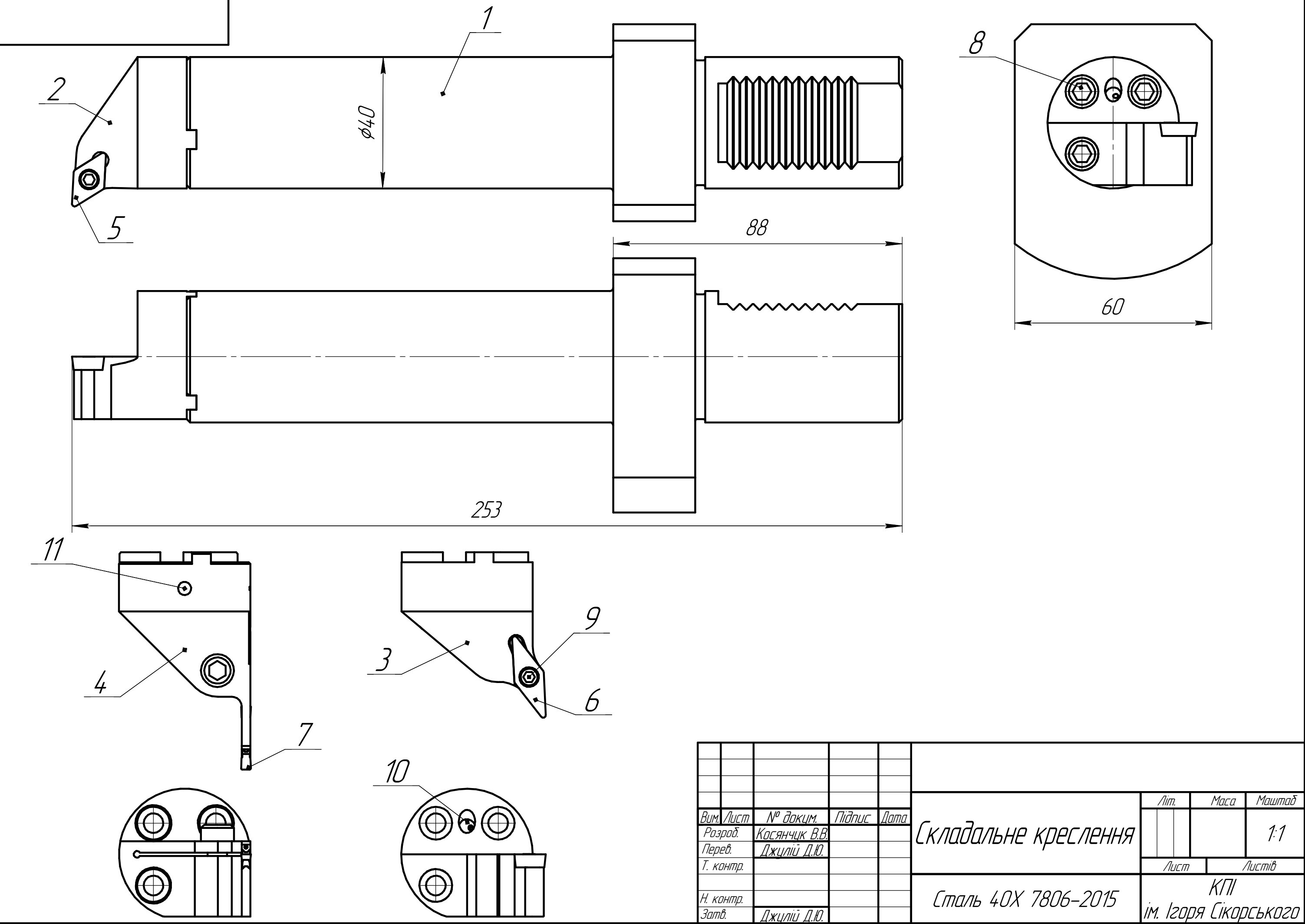
Вид/Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Картридж відрізний		
Розроб.	Косачук В.В.			Лист	Маса	Маштаб
Перев.	Джигий Д.В.				0,24	1:1
Н. контр.				Лист	Листів	
Затв.	Джигий Д.В.			Сталь 40X 7806-2015		
				КПІ		
				ім. Ігоря Сікорського		

√ Ra 3,2

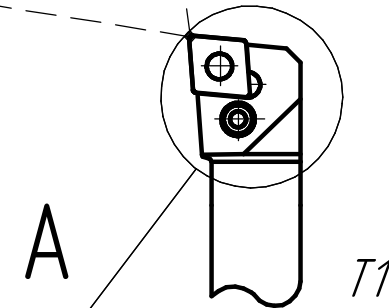
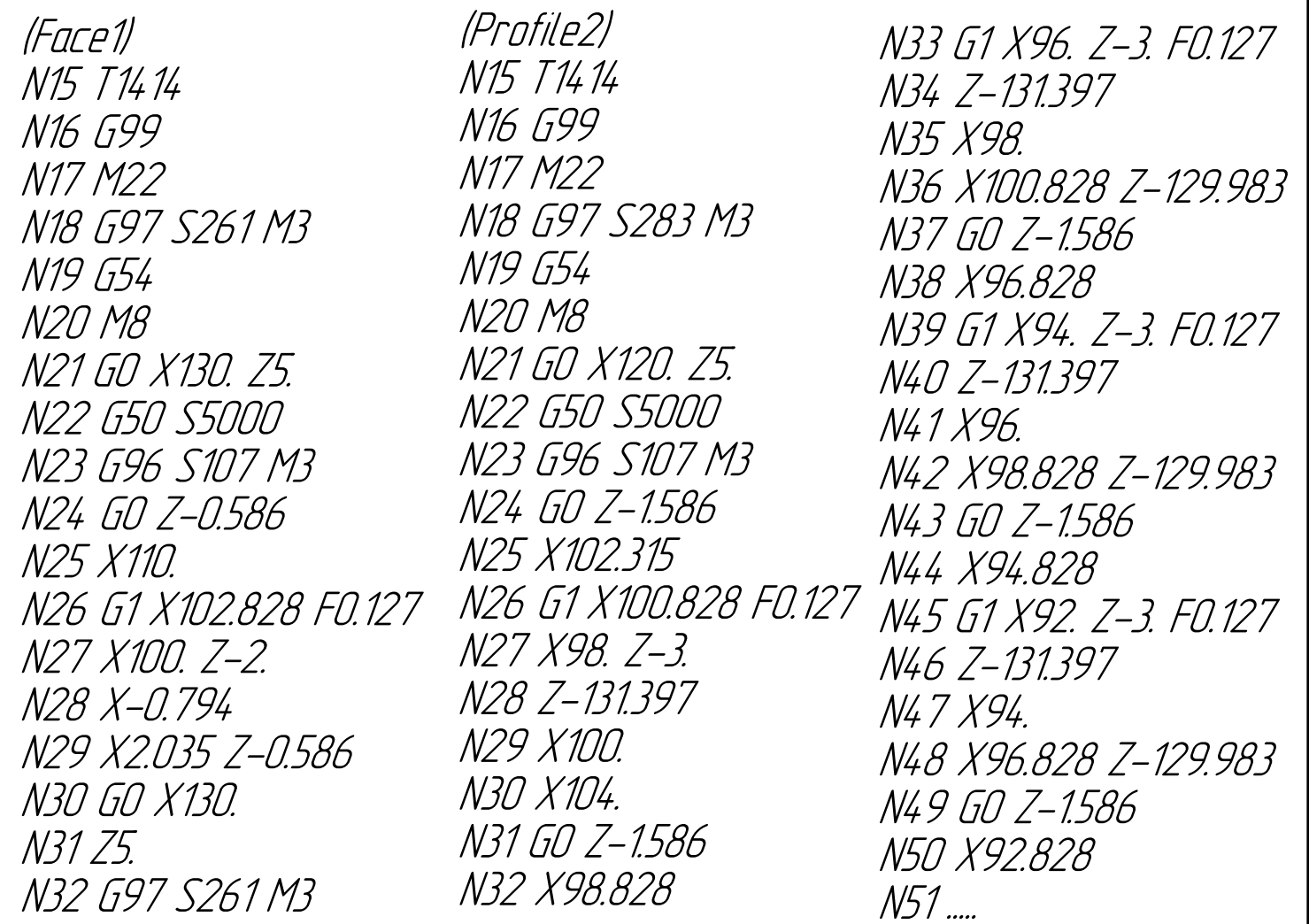


1. 42...46 HRC.

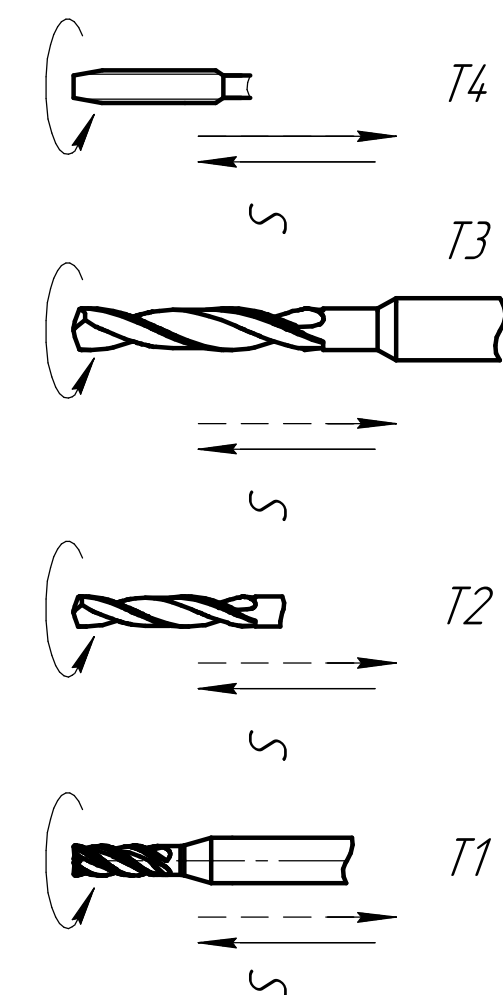
Вид/Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Державка модульного різця		
Розроб.	Косачук В.В.			Лист	Маса	Маштаб
Перев.	Джигий Д.В.				2,67	1:1
Н. контр.				Лист	Листів	
Затв.	Джигий Д.В.			Сталь 40X 7806-2015		
				КПІ		
				ім. Ігоря Сікорського		







№	Найменування операції	Верстат	Різальний інструмент	t, мм	S м/хв	v <sub>об</sub> /хв	V м/хв	T <sub>о</sub> , хв.		
005	Токарна	16К20Ф3	Різець протидійний РСЛНР 2020К-12	5 0,2	0,8 0,13	398 758	125 97	0,4 1,30		
Вим./лист	№ док-м	Підпис	Дата	Графічне зображення технологічного процесу				Лист	Маса	Моштзд
Розроб:	Косянчук В.Б.									
Перев:	Джигиль Д.Ю.									
Г. контр.								Лист	Листівд	
Н. контр.								"КТІ ім. Ігоря Сікорського"		
Затв.	Джигиль Д.Ю.									

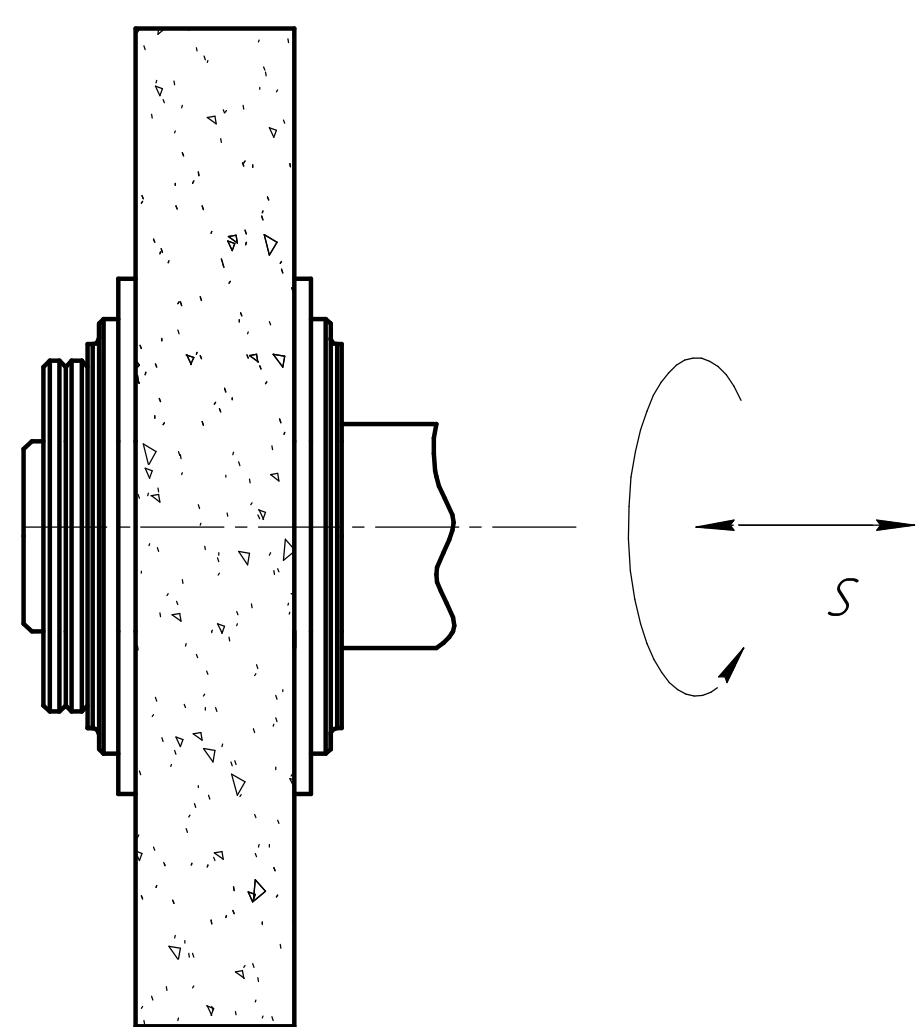


*G* - code.

N30 T5 M6  
N35 S5000 M3  
N40 G54  
N45 M11  
N50 GO A.Q.  
N55 M10  
N60 M8  
N75 GO X-16.4 17 Y15.929  
N80 G4.3 Z15. H5  
N85 GO Z5.  
N90 G1 Z-4.14 F508.  
N95 X-16.4 13 Y15.924 Z-4.21 F508.  
N100 X-16.4 01 Y15.907 Z-4.278 F508.  
N105 ...

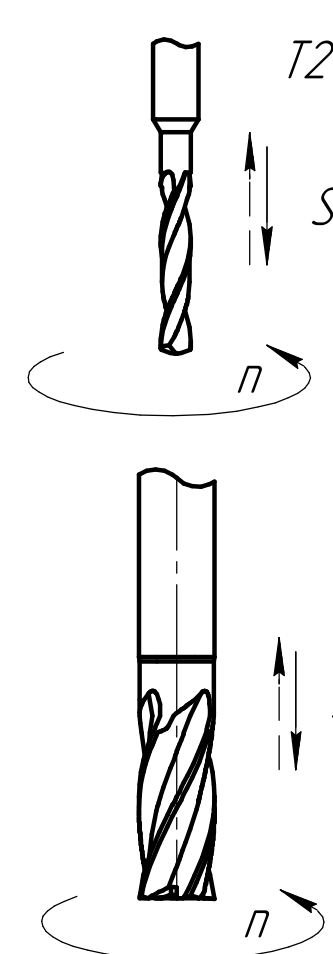
<i>N°</i>	<i>Найменування операції</i>	<i>Верстат</i>	<i>Різальний інструмент</i>	<i>t, мм</i>	<i>S м/хв</i>	<i>v<sub>об</sub>/хв</i>	<i>V<sub>m</sub>/хв</i>	<i>To хв.</i>
<i>015</i>	<i>Свердління</i>	<i>LITZ CV-800</i>	<i>Фреза кінцева Ø4 ДСТУ 17025-71</i>	<i>0.5</i>	<i>0.05</i>	<i>5573</i>	<i>70</i>	<i>0.25</i>
			<i>Свердло Ø4 ДСТУ 10903-77</i>	<i>2</i>	<i>0.1</i>	<i>4770</i>	<i>60</i>	<i>0.29</i>
			<i>Свердло Ø5.5 ISO 055-020-060 AP3N</i>	<i>2.5</i>	<i>0.15</i>	<i>4053</i>	<i>70</i>	<i>0.33</i>
			<i>Мітчик М6x0,5</i>	<i>0.5</i>	<i>0.75</i>	<i>440</i>	<i>8.3</i>	<i>0.03</i>
<i>Вим./Лист</i>	<i>N° докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Графічне зображення технологічного процесу</i>				
<i>Разроб.</i>	<i>Косачнюк В.В.</i>							
<i>Перев.</i>	<i>Джигли Д.Ю.</i>							
<i>Г. контр.</i>				<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><i>Лист</i></span> <span><i>Листів</i></span> </div>				
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>	<i>Джигли Д.Ю.</i>							
				<i>"ЖТІ ім. Ігоря Скорського"</i>				

Вид	Лист	№ докум.	Підпис	Печатка	Графічне зображення технологічного процесу	Лист	Маса	Маштаб
Розроб.		Косачанчук В.В.						
Перев.		Джигуль Д.Ю.						
Т. контр.								
Н. контр.								
Затв.		Джигуль Д.Ю.				Лист	Листів	"КПІ ім. Ігоря Сікорського"



<i>N°</i>	<i>Найменування операції</i>	<i>Верстат</i>	<i>Різальний інструмент</i>	<i>t, мм</i>	<i>S, мм/хв</i>	<i>v<sub>об</sub>, м/с</i>	<i>V, м/с</i>	<i>T<sub>о</sub>, хв</i>
<i>O35</i>	<i>Шліфування</i>	<i>Круглошліфувальний верстат ЗА110В</i>	<i>Шліфувальний круг форми ПП</i>	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>	<i>238</i>	<i>33</i>	<i>2.5</i>
<i>Вим.</i>	<i>Дист.</i>	<i>N° докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Графічне зображення технологічного процесу</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Косачук В.В.</i>							
<i>Перев.</i>	<i>Джигил Д.Ю.</i>							
<i>Г. кант.</i>								
<i>Н. кант.</i>								
<i>Затв.</i>	<i>Джигил Д.Ю.</i>							
					<i>"ПП ім. Ігоря Сікорського"</i>			

Відп. Лист	№ док.им.	Підпис	Дата	Графічне зображення технологічного процесу	Лист	Масо	Маштаб
Розроб.	Косачук В.В.						
Перев.	Джигіль Д.Ю.						
Т. контр.							
Н контр.							
Затв.	Джигіль Д.Ю.				Лист	Листів	"КПІ ім. Ігоря Сікорського"



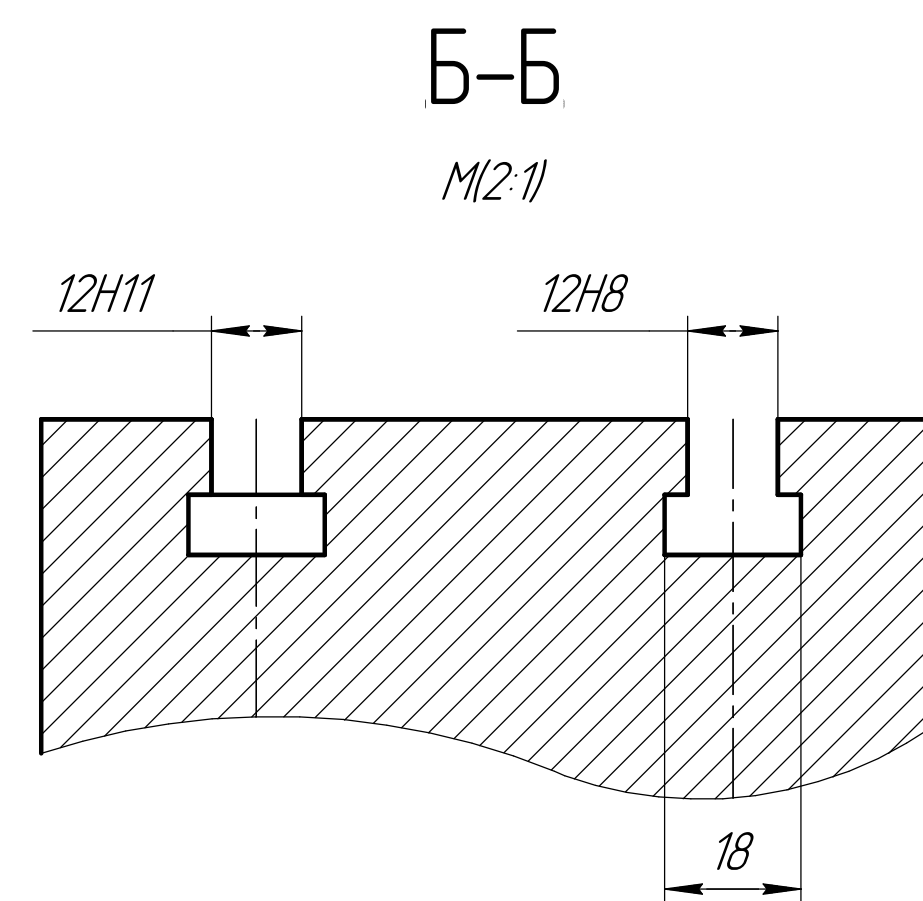
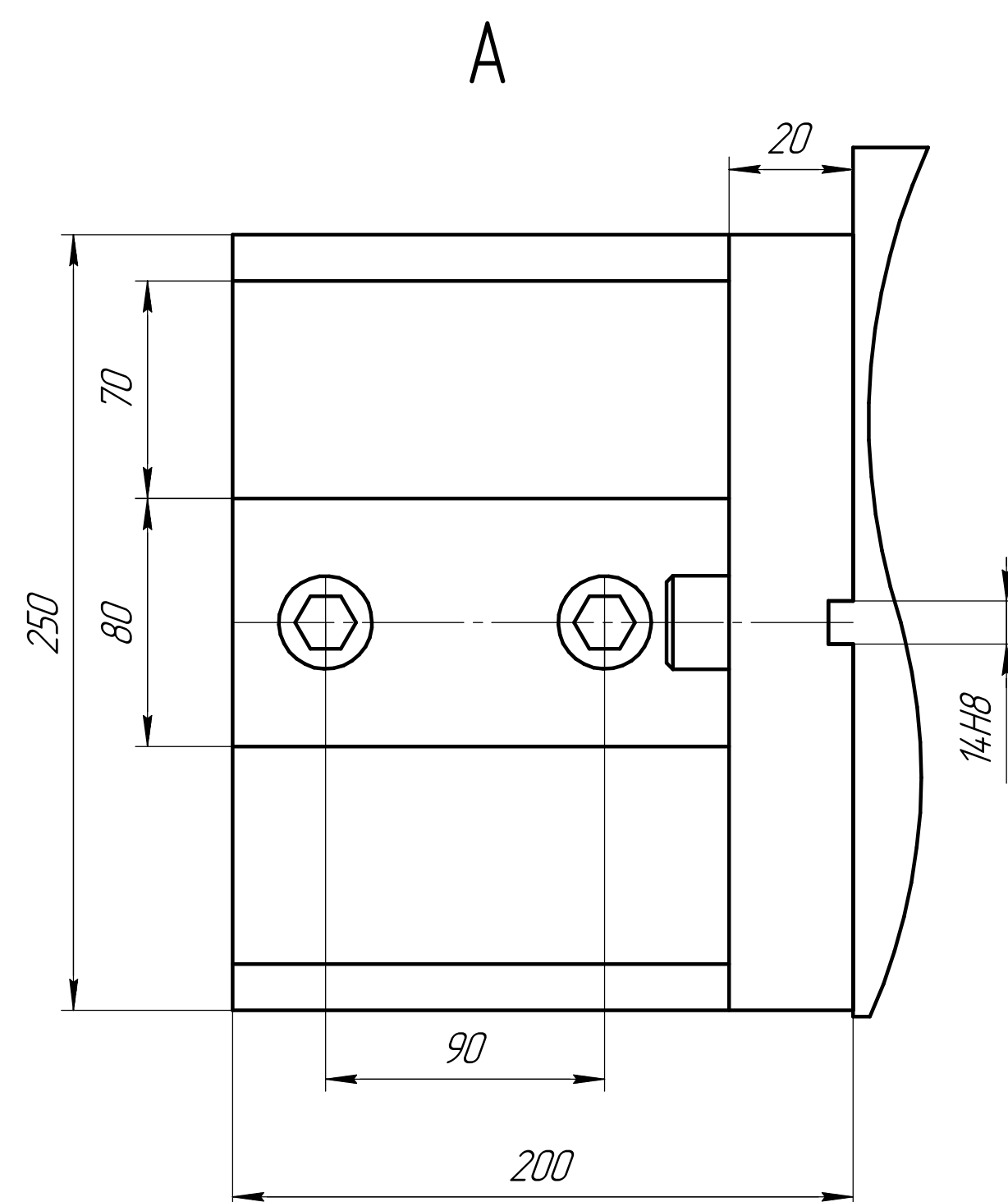
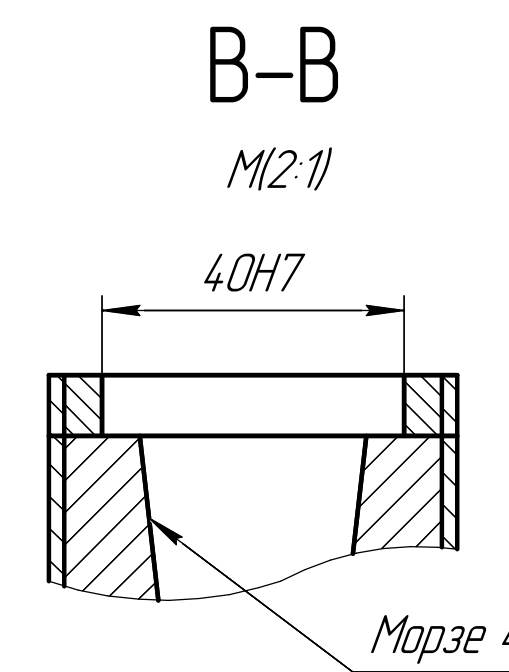
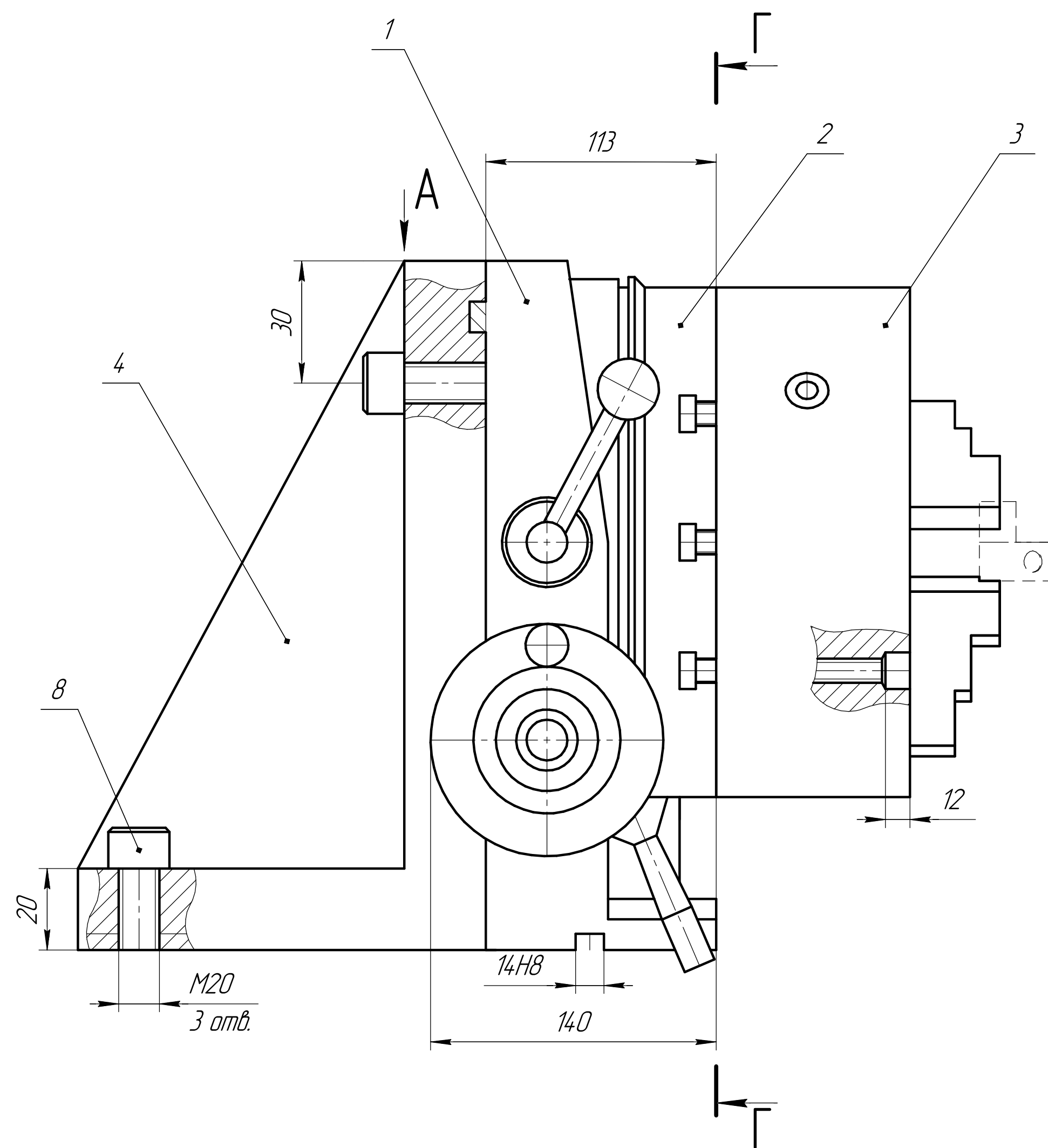
*G* - code.

N11 G90  
N12 G94  
N13 G17  
N14 G71  
N15 G99 X-50 Y-30 Z-30  
N16 G98 X-40 Y-20 Z-20  
N17 G74 Z0 L1  
N18 (20 Adaptive2)  
N19 M9  
N20 T3 M6  
N21 S3000 M3  
N22 G54  
N23 M8  
N24 G0 X-33.856 Y25.629

N25 G0 Z35  
N26 G0 Z25  
N27 G0 Z18.063  
N28 G1 Z17.263 F400  
N29 G1 X-33.852 Y25.623 Z17.159  
N30 G1 X-33.842 Y25.606 Z17.056  
N31 G1 X-33.825 Y25.577 Z16.957  
N32 G1 X-33.801 Y25.537 Z16.863  
N33 G1 X-33.772 Y25.487 Z16.776  
N34 G1 X-33.737 Y25.428 Z16.698  
N35 G1 X-33.696 Y25.36 Z16.629  
N36 G1 X-33.652 Y25.285 Z16.57  
N37 G1 X-33.604 Y25.204 Z16.524  
N38 G1 X-33.554 Y25.119 Z16.49  
N39 ...

№	Найменування операції	Верстат	Різальний інструмент	t, мм	Sz	v <sub>dф</sub> /мхв	V <sub>n</sub> /хв	Ta <sub>хд</sub>
O1S	Фрезерна	LITZ CV-800	Фреза кінцева Ø8 EC-E4L 10-22/32C10CFST2	0.5	0.03	2229	70	1.34
			Свердло спіральне Ф4 SCD 040-017-060 APЭN	2	0.2	4mm	60	0.05

Изм./Лист	№ док-м	Продл.	Лист	Графічне зображення технологічного процесу	Лист	Масштаб	Масштаб
Разраб.	Косачук В.В.						
Пров.	Джигулі Д.Ю.						
Г.контр.							
Н.контр.							
Читб.	Джигулі Д.Ю.				Лист	Листов	?
					"КП" ім. Ігоря Сікорського"		



*Технічні умови*

- Зусилля затиску  $Q = 856\text{H}$*
- Спосіб встановлення деталі в пристосування – ручний*

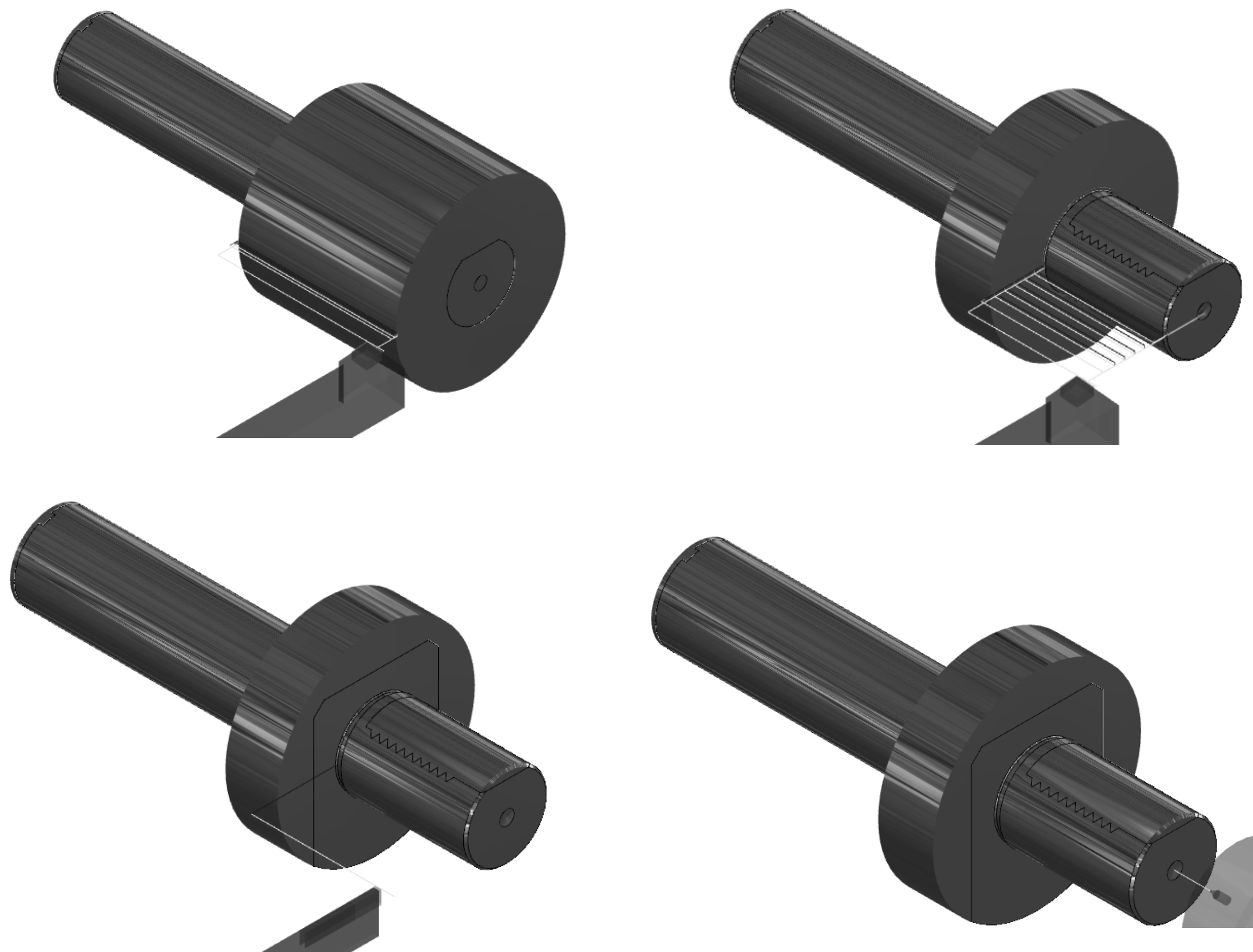
Формат	Знач	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
				Складальне креслення	1	
				Деталі		
		1		Корпус	1	
		2		Планшайда	1	
		3		Патрон	1	
		4		Кутник	1	
		6		Лімб	1	
		10		Рукоятки	4	
				Стандартні вироби		
		5		Болт М12 DIN912	6	
		7		Болт М14 DIN912	2	
		8		Болт М20 DIN912	3	
		9		Пазові сухарі ГОСТ 14730-69	6	

[illegible]



# Розроблення керуючої програми на обробку хвостовика

## Обточування хвостовика



### G - code

O1001  
(T1 D=25. CR=0. - FLAT END MILL)  
(T3 D=14. CR=0. TAPER=118DEG - DRILL)  
(T8 D=4. CR=0. TAPER=118DEG - DRILL)  
(T16 D=6. CR=0. TAPER=135DEG - DRILL)  
N10 G90 G94 G17 G49  
N15 G21  
N20 G53 GO Z0.

(FACE1)  
N25 T1 M6  
N30 T16  
N35 S310 M3  
N40 G54  
N45 G53.1  
N50 M8  
N55 GO X46.25 Y61.313  
N60 G43 Z63.5 H1  
N65 GO Z53.5  
N70 G1 Z32.5 F155.  
N75 G18 G3 X43.75 Z30. I-2.5 K0.  
N80 G1 X30.  
N85 X-30.  
N90 G17 G2 Y73.887 I0. J6.287  
N95 G1 X30.  
N100 G18 G2 X32.5 Z32.5 I0. K2.5  
N105 GO Z63.5  
N110 G17  
N115 G53 GO Z0.

(FACE2)  
N120 G68.2 X0. Y0. Z0. A-90. B45. C90.  
N125 G53.1  
N130 GO X19.786 Y61.313  
N135 G43 Z63.5 H1  
N140 GO Z53.5  
N145 G1 Z4.1391 F155.  
N150 G18 G3 X17.286 Z38.891 I-2.5 K0.  
N155 G1 X3.536  
N160 X-3.536  
N165 G17 G2 Y73.887 I0. J6.287  
N170 G1 X3.536  
N175 G18 G2 X6.036 Z4.1391 I0. K2.5  
N180 GO Z63.5  
N185 G17  
N190 G53 GO Z0.

(FACE3)  
N195 G68.2 X0. Y0. Z0. A90. B45. C-90.  
N200 G53.1  
N205 GO X19.786 Y61.313  
N210 G43 Z63.5 H1  
N215 GO Z53.5  
N220 G1 Z4.1391 F155.  
N225 G18 G3 X17.286 Z38.891 I-2.5 K0.  
N230 G1 X3.536  
N235 X-3.536  
N240 G17 G2 Y73.887 I0. J6.287  
N245 G1 X3.536

N250 G18 G2 X6.036 Z4.1391 I0. K2.5  
N255 GO Z63.5  
N260 G17  
N265 G53 GO Z0.  
  
(FACE4)  
N270 G68.2 X0. Y0. Z0. A-90. B90. C90.  
N275 G53.1  
N280 GO X4.125 Y61.313  
N285 G43 Z63.5 H1  
N290 GO Z53.5  
N295 G1 Z32.5 F155.  
N300 G18 G3 X38.75 Z30. I-2.5 K0.  
N305 G1 X25.  
N310 X-36.827  
N315 G17 G2 Y73.887 I0. J6.287  
N320 G1 X25.  
N325 G18 G2 X27.5 Z32.5 I0. K2.5  
N330 GO Z63.5  
N335 G17  
N340 G53 GO Z0.

(FACE5)  
N345 G68.2 X0. Y0. Z0. A90. B90. C-90.  
N350 G53.1  
N355 GO X53.077 Y61.313  
N360 G43 Z63.5 H1  
N365 GO Z53.5  
N370 ...

### G - code

N37 X102.315  
N38 G1 X100.828 F0.127  
N39 X98. Z0.  
N40 Z-89.397  
N41 X100.  
N42 X104.  
N43 GO Z14.14  
N44 X99.328  
N45 G1 X96.5 Z0. F0.127  
N46 Z-89.397  
N47 X98.  
N48 X100.828 Z-87.983  
N49 GO Z14.14  
N50 X97.828  
N51 G1 X95. Z0. F0.127  
N52 Z-89.397  
N53 X96.5  
N54 X99.328 Z-87.983  
N55 GO X120.  
N56 Z5.  
N57 G97 S283 M3

(Profile3)  
N58 GO X120. Z5.  
N59 G50 S5000  
N60 G96 S107 M3  
N61 GO Z-0.586  
N62 X102.315  
N63 G1 X92.828 F0.127  
N64 X90. Z-2.  
N65 Z-61.397  
N66 X100.  
N67 X104.

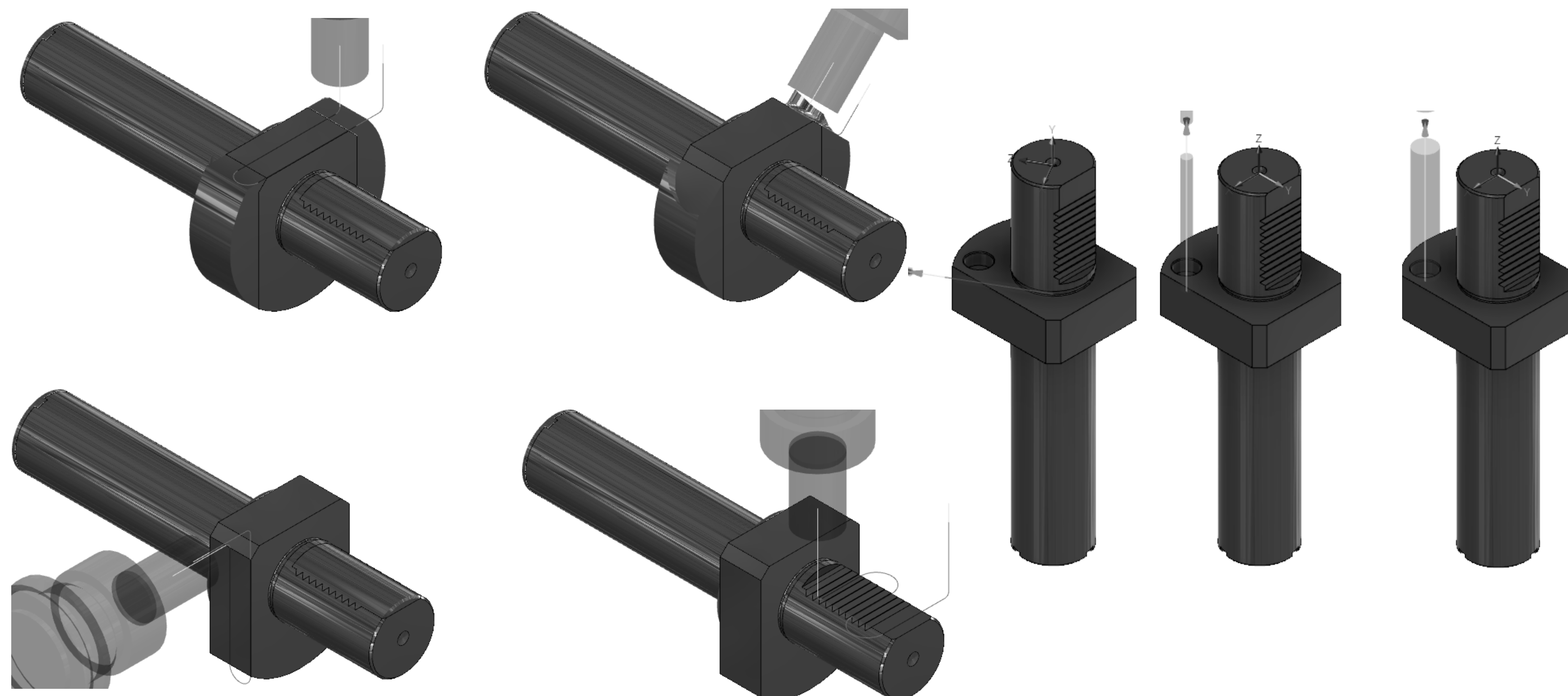
N68 GO Z-0.586  
N69 X82.828  
N70 G1 X80. Z-2. F0.127  
N71 Z-61.397  
N72 X90.  
N73 X92.828 Z-59.983  
N74 GO Z-0.586  
N75 X72.828  
N76 G1 X70. Z-2. F0.127  
N77 Z-61.397  
N78 X80.  
N79 X82.828 Z-59.983  
N80 GO Z-0.586  
N81 X62.828  
N82 G1 X60. Z-2. F0.127  
N83 Z-61.397  
N84 X70.  
N85 X72.828 Z-59.983  
N86 GO Z-0.586  
N87 X53.771  
N88 G1 X50.942 Z-2. F0.127  
N89 Z-61.397  
N90 X60.  
N91 X62.828 Z-59.983  
N92 GO Z-0.586  
N93 X44.953  
N94 G1 X44.713 F0.127  
N95 X4.1885 Z-2.  
N96 G18 G3 X4.2 Z-2.397 I-1.339 K-0.397  
N97 G1 Z-61.397  
N98 X50.942  
N99 X53.771 Z-59.983  
N100 GO Z-0.586

N101 X4.2363  
N102 G1 X39.535 Z-2. F0.127  
N103 X39.768 Z-2.116  
N104 G3 X40. Z-2.397 I-0.281 K-0.281  
N105 G1 Z-61.397  
N106 X4.2828 Z-59.983  
N107 X44.  
N108 GO X120.  
N109 Z5.  
N110 G97 S283 M3  
N111 M9  
N112 G53 X0.

(Single Groove1)  
N113 M1  
N114 T1111  
N115 G99  
N116 M22  
N117 G97 S283 M3  
N118 G54  
N119 M8  
N120 GO X120. Z5.  
N121 G50 S5000  
N122 G96 S107 M3  
N123 GO Z-64.  
N124 G1 X38. F0.0508  
N125 X120.  
N126 GO Z5.  
N127 G97 S283 M3  
N128 M9  
N129 G53 X0.

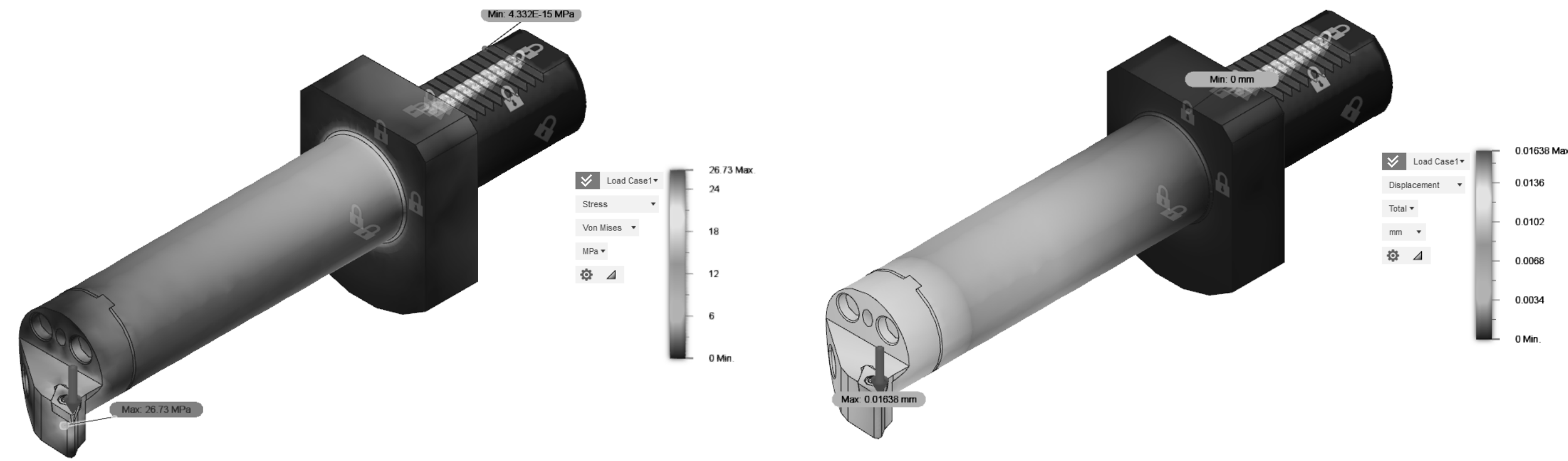
(Drill1)  
N130 ...

## Фрезерування лиски і площин, свердління отворів для подачі МОР



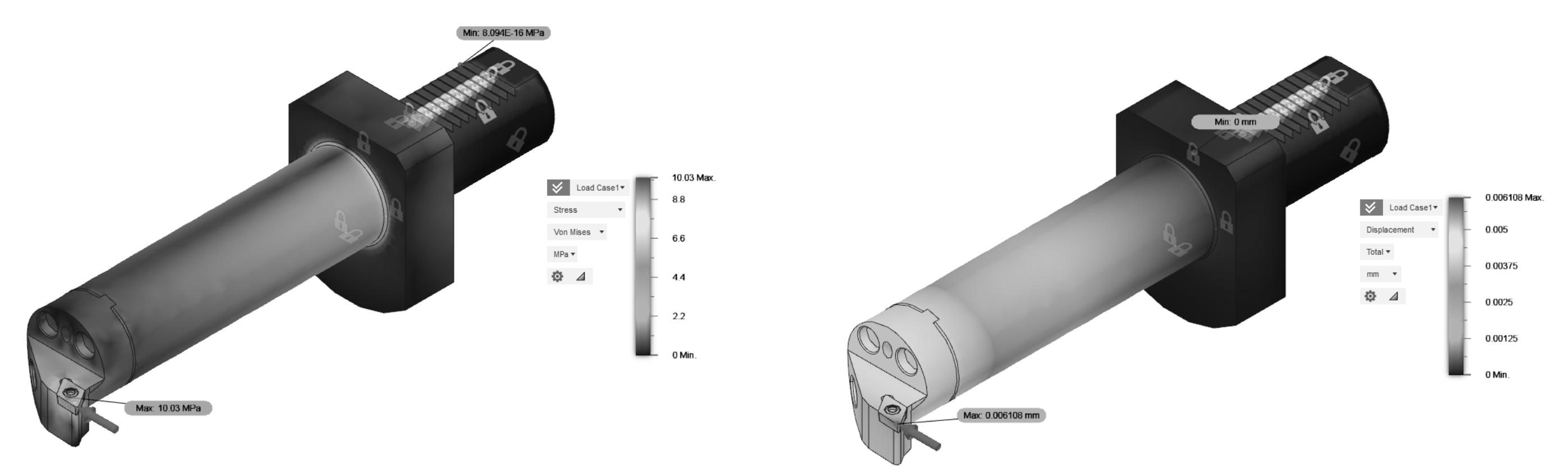


# Аналіз напружено-деформованого стану при роботі інструмента



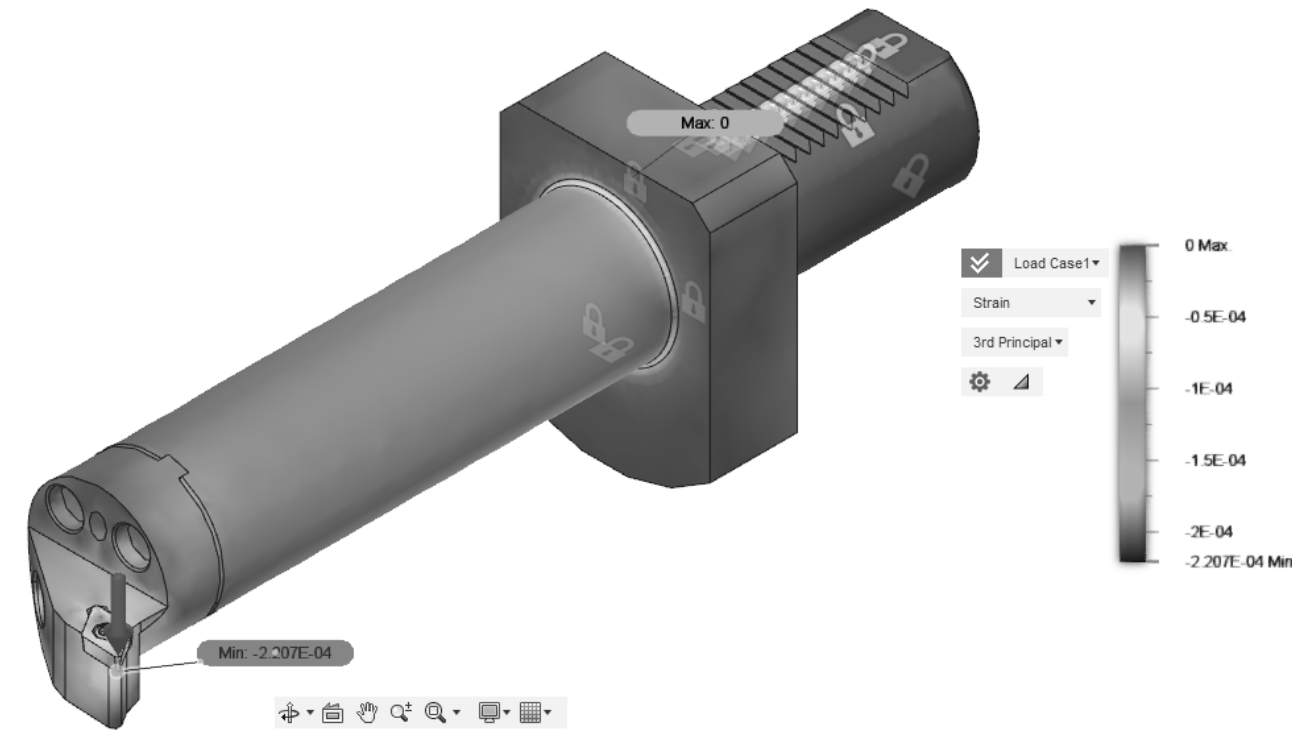
Напруження інструмента

Деформація зсуву інструмента

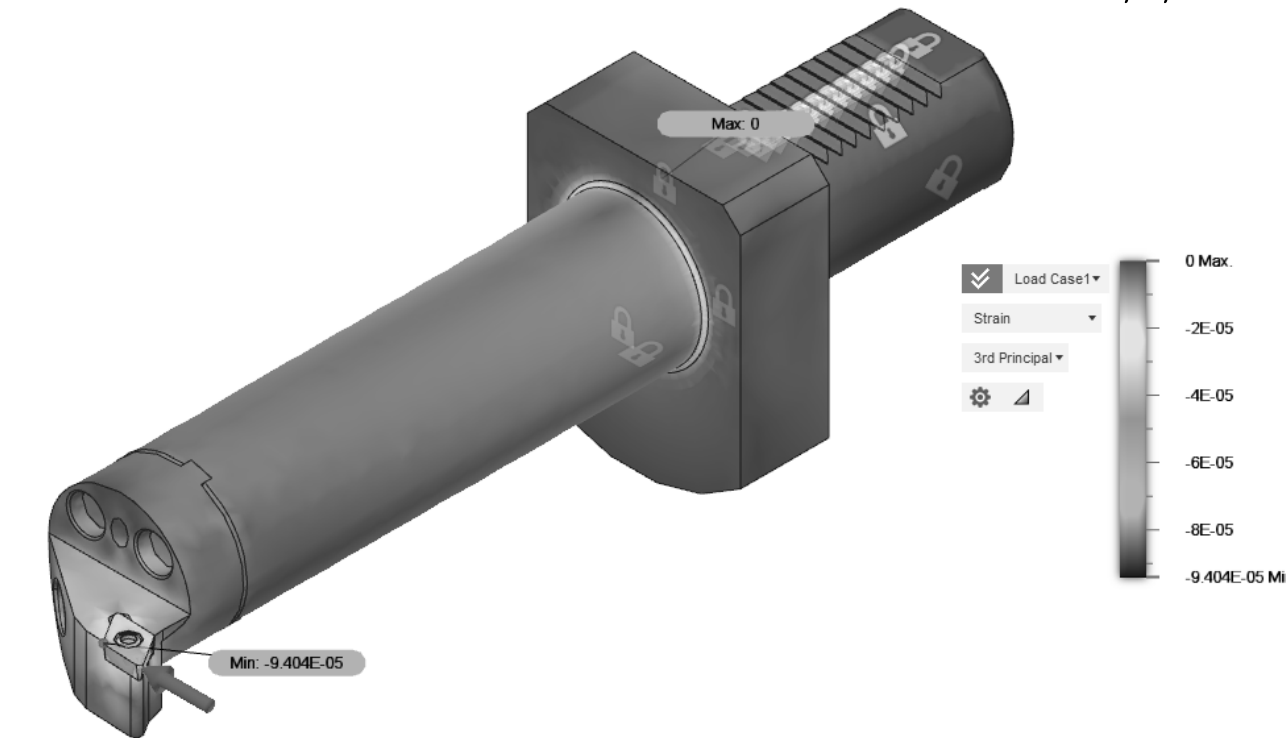


Напруження інструмента

Деформація зсуву інструмента



Деформація розтягу інструмента



Деформація розтягу інструмента

## Дія тангенціальної сили $P_z$

## Дія радіальної сили $P_y$

### Результати:

#### Тангенціальна сила різання $P_z=190H$ .

Напруження інструмента: max: 26.73mPa. min: 4.3E-15mPa.

Деформація зсуву інструмента: 0,01638mm.

Деформація розтягу інструмента: 2.20E-04.

#### Радіальна сила різання $P_y=78H$ .

Напруження інструмента: max: 10.03mPa. min: 8.09E-16mPa.

Деформація зсуву інструмента: 0.006108mm.

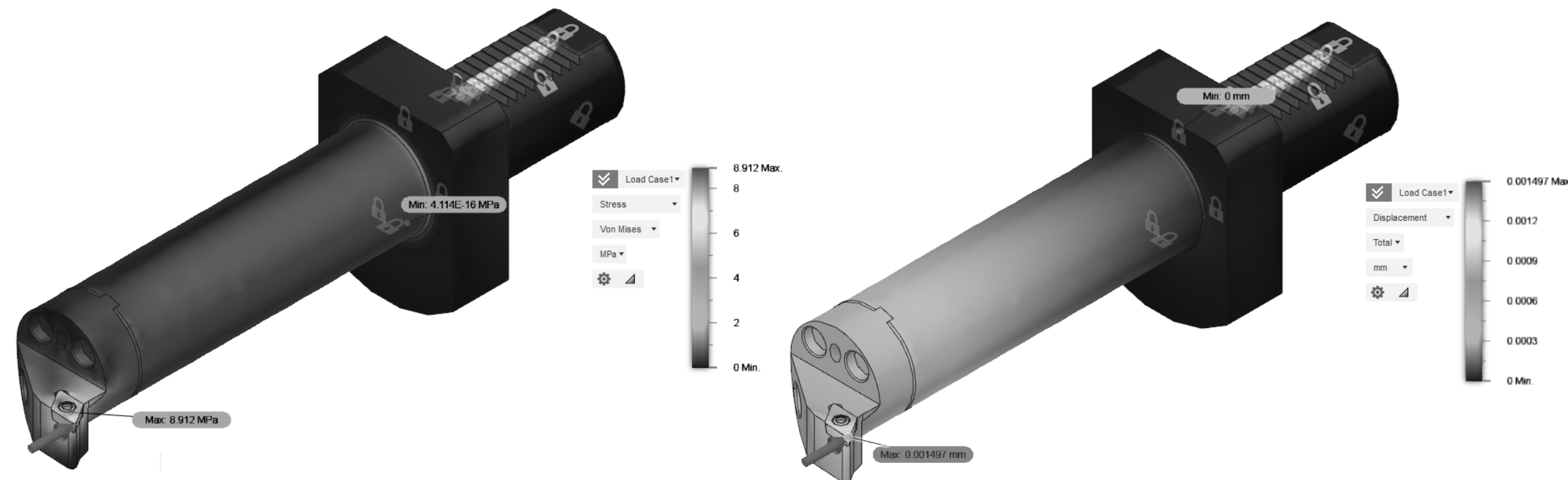
Деформація розтягу інструмента: 9.40E-05mPa. max: 0.

#### Осьова сила різання $P_x=53H$ .

Напруження інструмента: max: 8.912mPa. min: 4.11E-16mPa.

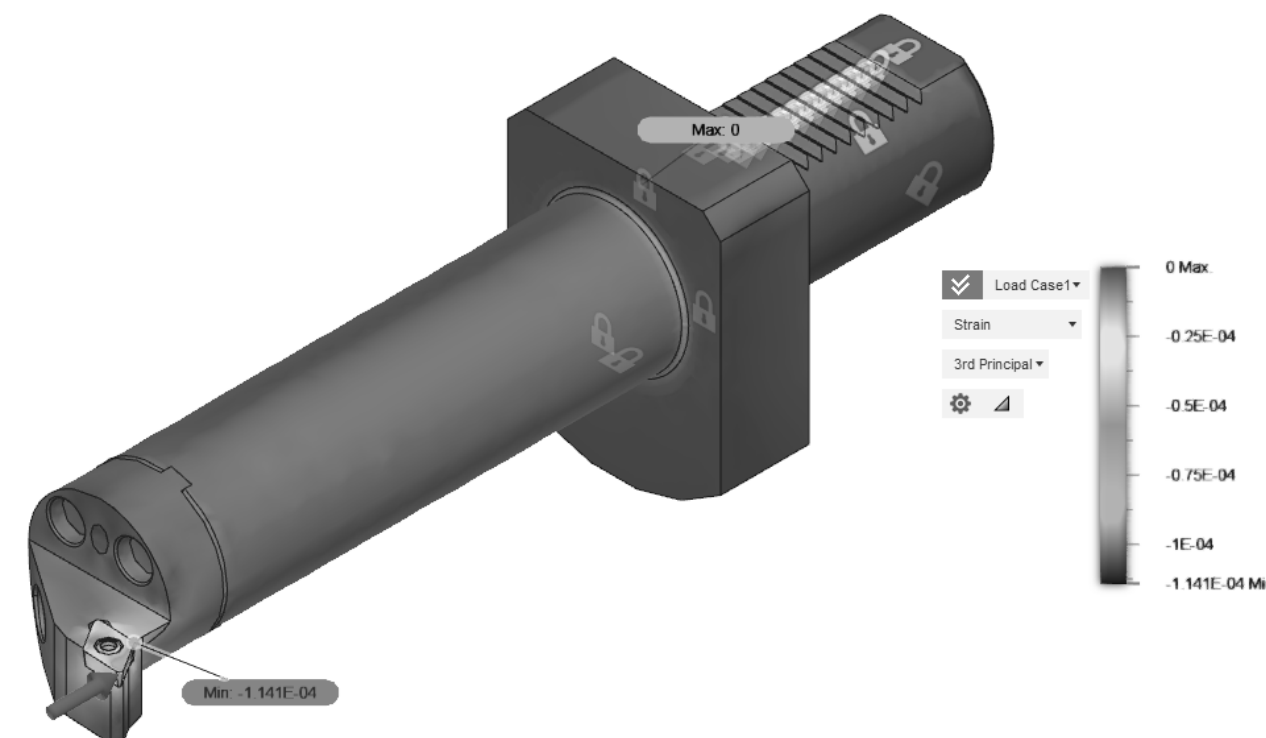
Деформація зсуву інструмента: 0,001497mm.

Деформація розтягу інструмента: min: 1.14E-04mPa. max: 0



Напруження інструмента

Деформація зсуву інструмента



Деформація розтягу інструмента

## Дія осьової сили $P_x$